



**SKRIPSI - ME141501**

Pengembangan Virtual *Prototype* Penggerak Linier Generator Pada  
Pembangkit Listrik Tenaga Arus Air Laut Berdasarkan Sistem Pneumatis

**THAUFIQ DWI CAHYONO**  
**NRP. 0421154600006**

**Dosen Pembimbing**  
**Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2018**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**THESIS - 141501**

**VIRTUAL PROTOTYPE DEVELOPMENT OF LINIER  
GENERATOR MOVEMENT ON MARINE CURRENT POWER  
PLANT BASED ON PNEUMATIS SYSTEM**

**Thaufiq Dwi Cahyono**  
**NRP. 04211546000006**

**Supervisor**  
**Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING**  
**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**SURABAYA**

**2018**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PENGEMBANGAN VIRTUAL *PROTOTYPE* PENGGERAK LINIER GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS AIR LAUT BERDASARKAN SISTEM PNEUMATIS**

#### **Skripsi**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh :

**Thaufiq Dwi Cahyono**  
**NRP. 04211546000006**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.  
NIP : 1979 0327 2003 12 1001



SURABAYA  
Januari, 2018

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN VIRTUAL *PROTOTYPE* PENGGERAK LINIER GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS AIR LAUT BERDASARKAN SISTEM PNEUMATIS

#### **Skripsi**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Thaufiq Dwi Cahyono**  
**NRP. 04211546000006**

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



**Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.**  
**NIP. 1977 0802 2008 01 1007**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



# **PENGEMBANGAN VIRTUAL *PROTOTYPE* PENGGERAK LINIER GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS AIR LAUT BERDASARKAN SISTEM PNEUMATIS**

**Nama Mahasiswa** : Thaufiq Dwi Cahyono  
**NRP** : 0421154600006  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Skripsi ini berisi tentang pengembangan *prototype* virtual pada system pembangkit listrik tenaga arus air laut berpengerak udara bertekanan dengan mensimulasikan rangkaian otomasi berdasarkan prinsip pneumatic. Adapun dalam skripsi ini di fokuskan pada teknologi linier generator yang memanfaatkan arus air laut untuk menggerakkan sebuah benda pejal pada floating struktur yang mengakibatkan gerakan reciprocating sehingga mengakibatkan terjadinya getaran *vortex* dan menghasilkan kompresi untuk menggerakkan linier generator, untuk itu diperlukan pengembangan visual *prototype* sistem pembangkit listrik tenaga arus air laut di dalam pengerjaannya untuk tampilan *prototype* menggunakan solidwork untuk penggambaran 3D sistem pneumatis, kemudian sistem control dan penyusunan rangkaian dan alat – alat otomasi pada sistem pembangkit listrik tenaga air laut dan mensimulasikanya pada *software* automation studio kemudian hasil dari simulasi di buat grafik frekuensi sehingga dapat di analisa tekanan yang di butuhkan untuk menggerakkan actuator sehingga pada linier generator menghasilkan frekuensi 50 Hz.

**Kata kunci** : Prototype virtual , alat otomasi, linier generator, sistem pneumatis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Name** : Thaufiq Dwi Cahyono  
**NRP** : 0421154600006  
**Department** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor** : Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.

### ***ABSTRACT***

This thesis contains about the development of virtual prototype in a system of powered air-generated seawater generator with simulated pneumatic principle automation circuit. As in this sekripsi is focused on linear technology generator that use the flow of sea water to apply a solid body on the floating structure resulting resciprocating movement resulting in vortex vibration occurrence and generate compression to move linear generator, for it required the development of visual prototype power plant system seawater flow in the process for the prototype display using solidwork for 3D painting of pneumatic system, then control system and arrangement of circuit and automation equipments in marine hydroelectric system and simulate it in studio automation software then the result of the simulation is created graph of frequency so that can be analyzed the pressure required to drive the actuator so that the linear generator produces 50 Hz frequency.

***Keywords:*** virtual prototype, automation tool, linear generator, pneumatic system

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT, memuji, memohon pertolongan dan meminta ampun kepada-Nya. *Alhamdulillahirabbil Alaamiin*. Atas berkat rahmat Allah yang Maha Kuasa, penulis panjatkan puji dan syukur telah terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Pengembangan Virtual Prototype Penggerak Linier Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Air Laut Berdasarkan Sistem Pneumatis”** dengan baik tepat pada waktunya.

Penulisan skripsi ini disusun guna menyelesaikan salah satu dari beban satuan kredit semester (SKS) dan memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih atas kasih sayang dan dukungan moral serta material kepada kedua orang tua penulis Djaini dan Munawaroh beserta keluarga tercinta. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat dicantumkan satu persatu. Khususnya kepada beberapa pihak berikut ini:

1. Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc. sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan selama proses penelitian ini.
2. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. sebagai Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Segenap keluarga, terutama Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberi dukungan, semangat dan doa untuk keberhasilan putra tercintanya.
4. Teman dan Kakak dari anggota Laboratorium Marine Electrical and Automatical System Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS yang telah menemani, memotivasi, dan memberikan ilmu serta pengetahuan tentang materi penelitian ini.
5. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah membirikan fasilitas dalam penyelesaian skripsi ini

Demikian besar harapan penulis atas hasil dari skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya serta dapat bermanfaat bagi adik-adik tingkat dalam penyelesaian tugas skripsi kedepannya sebagai bahan

referensi. Mohon maaf penulis sampaikan apabila ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Koreksi dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dalam penyempurnaan skripsi ini.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## **DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	I
--------------------	---

LEMBAR PENGESAHAN.....	V
LEMBAR PENGESAHAN.....	VII
ABSTRAK.....	IX
ABSTRACT.....	XI
KATA PENGANTAR.....	XIII
DAFTAR ISI.....	XV
DAFTAR GAMBAR.....	XVII
DAFTAR TABEL.....	XIX
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Portable Induced Vibration .....	5
2.2 Automation Studio .....	5
2.3 Pengertian Pneumatik.....	6
2.4 Konstruksi Pneumatik .....	6
2.4.1 Unit Tenaga (Power Pack).....	6
2.4.2 Unit Pengatur .....	7
2.3. Jenis katup pneumatik menurut standar ANSI .....	10
2.3.1 Unit Penggerak ( <i>Actuator</i> ).....	11
2.5 Efektifitas Pneumatik .....	12
2.6 Kebutuhan Udara.....	13
2.7 Aliran Fluida .....	13
2.6 Gaya Piston .....	14
2.7 Diagram Alir .....	14
2.8 Strategi Control .....	15
2.8.1 Contoh sistem Control Single Acting .....	15
2.8.2 Contoh sistem Control Single Acting .....	16
2.9. Hukum Dasar Pneumatik.....	17
2.10 Programmable Logic Controller (PLC).....	19

2.10.1 Pemrograman Ladder (Diagram Tangga).....	19
2.10.2 Fungsi Logika dan Instruksi Dasar pada Diagram Tangga.....	20
2.11 Generator.....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
<b>BAB IV ANALISA PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Permodelan 3D prototype.....	29
4.1.1 Permodelan Linier Generator .....	29
4.1.2 Permodelan actuator .....	30
4.1.3 Kebutuhan udara Air reciver .....	31
4.2. Sistem control pneumatis .....	32
4.2.1 Single Acting Control Pneumatic .....	32
4.2.2. Double Acting Control Pneumatic.....	33
4.2.4. Double Acting Control Pneumatic dengan Ledder diagram.....	34
4.3 Penentuan Actuator yang sesuai dengan linier Generator .....	35
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
Daftar Pustaka .....	53
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>54</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1.1 Desain Portable Induce Vibration.....	5
Gambar 2.1.2 Portable Induce Vibration Dengan Potongan Melintang.....	5



Gambar 2.2.1 Komponen Library Dalam Sebuah Works.....	6
Gambar 2.3.1 Diagram Blok Kontrol Pneumatic.....	7
Gambar 2.4.2.1. Simbol Untuk Pemberian Nama Jenis Katup.....	8
Gambar 2.4.2.2 Simbol Katup 3/2 Normally Closed.....	9
Gambar 2.4.2.3 Simbol Katup 3/2 Normally Open.....	9
Gambar 2.4.2.5 Simbol Katup 4/2.....	9
Gambar 2.4.2.5 Simbol Katup 5/2.....	10
Gambar 2.4.2.7 Daftar Simbol Katup (Samuel.2012).....	10
Gambar 2.3.1 Lambang Ansi Check Valve.....	11
Gambar 2.3.2 Lambang Ansi Shuttle Valve.....	11
Gambar 2.3.3 Lambang Ansi Pushbutton Valve.....	11
Gambar 2.3.4 Lambang Ansi Limit Valve.....	12
Gambar 2.4.3.1 Macam-Macam <i>Actuator</i> .....	12
Gambar 2.4.3.2 Jenis <i>Single Acting Cylinder</i> Dan Symbol.....	13
Gambar 2.4.3.3 Jenis <i>Double Acting Cylinder</i> Dan Simbol.....	13
Gambar 2.4.3.4 Efektifitas Udara Bertekanan.....	14
Gambar 2.7.1 Klasifikasi Elemen Sistem Pneumatik (Festo Fluidsim).....	16
Gambar 2.8.1.1 Sistem Control <i>Single Acting</i> Sederhana.....	16
Gambar 2.8.1.2 Aliran Udara Pada <i>Control Single Acting</i> .....	17
Gambar 2.8.2.1 Simulasi Rangkaian Pneumatic.....	17
Gambar 2.9.1 <i>Pneumatic Silinder</i> .....	18
Gambar 2.9.2 Sistem Pneumatik.....	19
Gambar 2.9.3 Contoh Diagram Tangga.....	21
Gambar 2.10.2.1 Diagram Tangga Untuk Logika And.....	22
Gambar 2.10.2.2 Diagram Tangga Untuk Logika Or.....	22
Gambar 2.10.2.3 Diagram Tangga Untuk Logika Not.....	22
Gambar 2.10.2.4 Diagram Tangga Untuk Logika Nand.....	22
Gambar 2.10.2.5 Diagram Tangga Untuk Logika Nor.....	23
Gambar 2.10.2.6 Diagram Tangga Untuk Logika Xor.....	23
Gambar 2.10.2.7 Instruksi Set Dan Reset.....	23
Gambar 2.11.1 Desain Stator.....	23
Gambar 2.11.2 Desain Rotor.....	26
Gambar 4.1.1 Desain <i>Portable Induce Vibration</i> .....	30
Gambar 4.1.2 Desain Pengembangan Prototype Pembangkit Listrik.....	31
Gambar 4.1.1.1 Desain Stator Linier Generator.....	32
Gambar 4.1.1.2 Desain Rotor Linier Generator.....	32
Gambar 4.1.2.1 Desain <i>Actuator</i> .....	32
Gambar 4.2.1 Rangkaian S. Control Pneumatis <i>Single Acting Actuator</i> .....	35
Gambar 4.2.3 Rangkaian S. Control Pneumatis <i>Double Acting (Input)</i> .....	35
Gambar 4.2.5 Rangkaian Control Pneumatis.....	36
Gambar 4.3.1 Rangkaian <i>Double Acting</i> Dengan Tekanan 6 Bar .....	39
Gambar 4.3.2 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 1.....	39
Gambar 4.3.3 Rangkaian <i>Single Acting</i> Dengan Tekanan 6 Bar.....	40
Gambar 4.3.4 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 2.....	40
Gambar 4.3.5 Rangkaian <i>Double Acting</i> Dengan Tekanan 8 Bar.....	41
Gambar 4.3.6 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 3.....	41

Gambar 4.3.7 Rangkaian Single Acting Dengan Tekanan 8 Bar.....	42
Gambar 4.3.8 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 4.....	42
Gambar 4.3.9 Rangkaian Double Acting Dengan Tekanan 10 Bar.....	43
Gambar 4.3.10 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 5.....	43
Gambar 4.3.11 Rangkaian Single Acting Dengan Tekanan 10 Bar.....	44
Gambar 4.3.12 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 6.....	44
Gambar 4.3.13 Rangkaian Double Acting Dengan Tekanan 12 Bar.....	45
Gambar 4.3.14 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 7.....	45
Gambar 4.3.15 Rangkaian Single Acting Dengan Tekanan 12 Bar.....	46
Gambar 4.3.16 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 8.....	46
Gambar 4.3.17 Rangkaian Double Acting Dengan Tekanan 14 Bar.....	47
Gambar 4.3.18 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 9.....	47
Gambar 4.29 Rangkaian Single Acting Dengan Tekanan 14 Bar.....	48
Gambar 4.3.19 Grafik Gelombang Frekuensi Simulasi Model 10.....	48

## DAFTAR TABEL

TABEL 4.1.2.1 DATA HASIL PERHITUNGAN GAYA MAJU ACTUATOR.....	32
TABEL 4.1.2.2 DATA HASIL PERHITUNGAN GAYA MUNDUR ACTUATOR.....	32

TABEL 4.1.3 DATA KEBUTUHAN UDARA ACTUATOR.....	34
TABEL 4.3.1 DATA PERMODELAN PADA AUTOMATION STUDIO.....	38
TABEL 4.3.2 HASIL DARI SELURUH SIMULASI.....	49

***“Halaman ini sengaja dikosongka”***

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini masih banyak daerah di Indonesia yang belum terpenuhi kebutuhan listriknya. Sebagian daerah sudah mendapatkan listrik namun belum optimal, dan sebagian lainnya belum mendapatkan listrik sama sekali. Terutama desa-desa yang terletak pada pulau-pulau terpencil. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau yang mengakibatkan sulitnya pemerataan listrik. Selain itu, pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat juga menyebabkan jumlah energi listrik yang dibutuhkan akan meningkat. Salah satu upaya yang harus dilakukan untuk mengatasi tidak terpenuhinya kebutuhan listrik adalah dengan pembangunan pembangkit listrik di setiap daerah, terutama di daerah terpencil. Berbagai survei dan penelitian telah banyak dilakukan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Salah satu hasil yang didapat dari penelitian tersebut adalah menemukan gelombang laut yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk membangkitkan listrik dengan generator linier. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kawasan lautan yang luas. Beberapa kawasan laut di Indonesia juga memiliki ombak yang tinggi dan arus laut yang deras. Kondisi ini cocok untuk pembangunan sebuah sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut, salah satunya dengan menggunakan generator linier magnet permanen. Gelombang laut dapat dimanfaatkan dengan mengkonversi gerakan gelombang yang naik turun menjadi gerakan linier sebagai penggerak generator. Dengan sumber gelombang laut, tentunya didapat sumber pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan tidak memerlukan bahan bakar minyak bumi untuk mengoperasikan generator.

Energi terbarukan adalah energi yang bersumber dari alam dan secara berkesinambungan dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu waktu jutaan tahun layaknya energi berbasis fosil. Sumber alam yang dimaksud dapat berasal dari matahari, panas bumi (geothermal), angin, air (hydropower) dan berbagai bentuk dari biomassa. Sumber energi tersebut tidak dapat habis dan dapat terus diperbarukan. Energi yang terbarukan dapat diambil langsung dari alam, salah satunya adalah energi dari arus air laut. Konsep dari pemanfaatan energi ini yaitu dengan memanfaatkan fenomena getaran vortek yang terjadi pada suatu selinder akibat aliran arus air laut. Meskipun fenomena ini dapat mengakibatkan kerusakan terhadap struktur bangunan dan selalu dihindari bahkan diusahakan agar dapat diredam sekecil mungkin, namun sesungguhnya energi vortek ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. VIV (*Vortex Induced Vibration*) merupakan fenomena yang akan dikaji pada setiap silinder yang digunakan pada converter energi arus laut ini. Getaran vorteks pada umumnya hanya memberikan kerugian pada sebagian industri yang memiliki pipa bawah laut. *Freespan* pada pipa miring bawah laut menjadikannya rawan terhadap terjadinya *fatigue* akibat *Vortex Induced Vibration* (VIV). *Vortex induced vibration* (VIV) merupakan masalah hidrodinamika yang harus diperhatikan dalam system perpipaan bangunan lepas pantai. VIV memberikan dampak yang cukup besar dan dapat menyebabkan kekuatan struktur menjadi lemah secara signifikan dalam waktu

yang relatif singkat (Mathelin et al, 2005)[1]. Akibatnya struktur tidak mampu menahan beban-beban yang ada sehingga terjadi kerusakan yang akhirnya akan menyebabkan *fatigue*. Selain itu VIV dalam kondisi frekuensi *vortex shedding* beresonansi dengan frekuensi alami struktur dapat menyebabkan terjadinya *fatigue* dalam waktu tertentu. Apalagi dengan adanya beban gelombang Dan arus yang terus-menerus mengenai struktur. Distribusi arus akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman laut.dan untuk mengembangkan di butuhkan visualisasi.

## 1.2 Perumusan Masalah

*Virtual prototype* merupakan metode dalam proses pengembangan ojek. Hal ini dilakukan dengan mendisain bentuk 3D komputer yang dihasilkan bentuk geometris dan menggabungkannya menjadi suatu sitem kemudian menguji gerakan mekanis, bugar dan fungsi yang berbeda. untuk mensimulasikan perilaku objek di dunia nyata. Proses desain dan pengembangan objek terutama mengandalkan pengalaman dan penilaian dalam menghasilkan desain konsep awal. Sebuah prototipe fisik kemudian dibangun dan di eavaluasi kinerjanya. sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan suatu pembangkit listrik tenaga arus air laut.

Penelitian ini membuat virtual prototype penggerak linier generator pada pembangkit listrik tenaga arus air laut berdasarkan sistem pneumatis, untuk sistem pneumatis yang digunakan adalah sistem *control single acting* dan *double acting*, pada sistem *control single acting* menggunakan menggunakan *single acting cylinder* yang hanya memiliki satu *part* untuk masuknya udara bertekanan dan menggunakan pegas pada posisi semula sehingga katub atau valve pengontrol yang di gunakan lebih sederhana dibandingkan dengan sistem *double acting* yang harus menggunakan valve pengontrol yang lebih kompleks, untuk input dari *cylinder* berupa udara bertekanan dan menghasilkan energi mekanik untuk menggerakkan linier generator hasil dari sistem control tersebut akan di visualisasikan untuk di replikasikan sehingga hasil mendekati realnya.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini bertujuan untuk supaya penelitian tugas akhir ini tidak meluas, berikut ini adalah batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini:

1. Mendesain *prototype* dalam bentuk 3D di fokuskan pada actuator *single acting* dan *double acting* menggunakan software *solidwork*.
2. Sistem control pneumatis yang digunakan control pneumatis *single acting* dan *double acting*.
3. Simulasi menggunakan automation studio yang menggunakan tekanan actuator yang berfariasai.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini yaitu :

1. Mendesain pengembangan *prototype* dalam bentuk 3D actuator pada control pneumatis untuk menggerakkan linier generator.
2. Membuat control pneumatis dalam sistem pembangkit tenaga air laut berupa control pneumatis *single acting* dan control pneumatis *double acting*.
3. Mensimulasikan sistem control pneumatis actuator dengan tekanan udara yang berbeda – beda sehingga di dapatkan tekanan yang sesuai untuk menghasilkan frekuensi sebesar 50Hz.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu mendapatkan sebuah konsep virtual untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga arus air laut ,sehingga dapat digunakan sebagai suatu pertimbangan dalam pembuatan system pembangkit listrik tenaga arus air laut.dan juga sebagai penunjang untuk penelitian – penelitian selanjutnya mengenai sistem pembangkit tenaga air laut berpenggerak udara bertekana

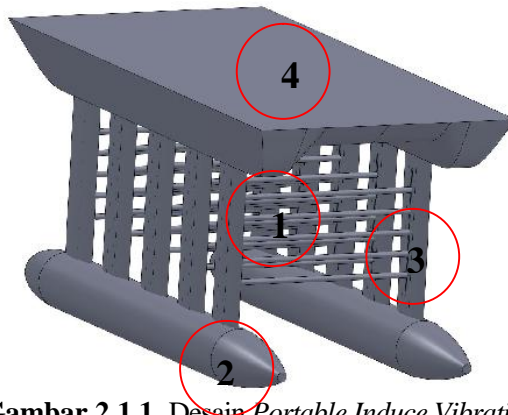
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Portable Induced Vibration

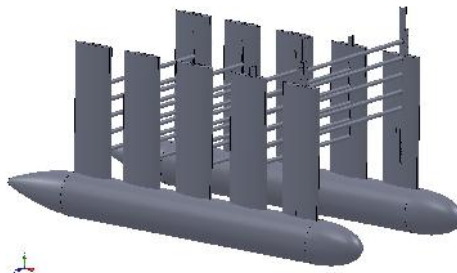
*Portable Induced Vibration* atau lebih dikenal dengan VIVACE (*Vortex Induced Vibrations for Aquatic Clean Energy*) merupakan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yaitu energi arus air laut. Model *Portable induced Vibration* dapat dilihat pada gambar 2.1



**Gambar 2.1.1** Desain *Portable Induce Vibration*

Pada gambar 2.1 *Portable Induce Vibration* memiliki beberapa komponen pada sistemnya, antara lain :

1. Oscillating part , pada prototype ini oscillating part ada lima buah sedangkan jumlah silinder pada masing – masing oscillating part terdapat lebih dari satu silinder.
2. Part base, merupakan komponen sistem apung pada *Portable Induced Vibration*
3. Part stick (penegar), merupakan penyangga bermacam komponen pada *Portable Induced Vibration* antara lain silinder oscillator , part deck , part rotor dan stator. Untuk lebih detailnya komponen pada part stick dapat dilihat pada gambar 2.2 dengan posisi rotor, stator dan silinder yang diangkat ke atas.
4. Part deck, merupakan bagian permukaan dari Prototype ini yang berfungsi sebagai letak generator linier. (Janu,2012)

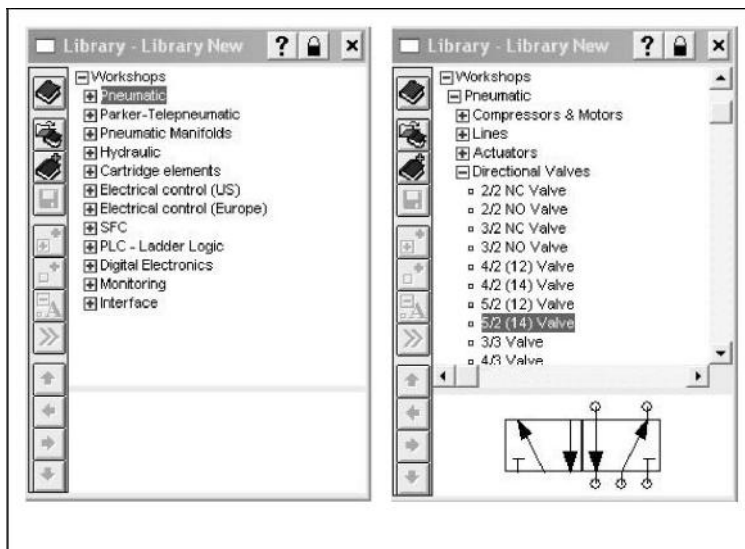


**Gambar 2.1.2** *Portable Induce Vibration* dengan potongan melintang

## 2.2 Automation Studio

Guna dalam mengembangkan sistem pneumatik, salah satu media yang dapat digunakan pengajar baik sebagai alat pemerjelas ceramah maupun simulasi adalah program Automation Studio. Sebagai sebuah perangkat lunak, Automation Studio merupakan paket aplikasi yang terdiri dari berbagai macam modul didalamnya. Setiap modul disebut dengan *workshop*. Dalam *workshop* ini terdapat *library* yang menyediakan berbagai macam komponen yang dapat dipakai untuk merancang bermacam-macam rangkaian otomatisasi mulai dari rangkaian sistem hidrolik, sistem pneumatik, sistem elektrik sampai dengan PLC. Semua rangkaian otomatisasi tersebut dapat dikombinasikan satu dengan yang lainnya, misalkan gabungan antara sistem elektrik dan sistem pneumatik (sistem elektro-pneumatik). Rangkaian tersebut kemudian dapat disimulasikan sehingga aliran fluida, aliran udara bertekanan, arus listrik, dan gerakan-gerakan dari setiap katup yang teraktuasi dimana setiap komponen dinyatakan dalam bentuk simbol, akan dapat diketahui.

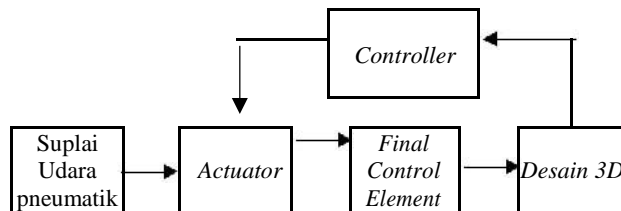
Gambar 1 dibawah ini menunjukkan komponen-komponen yang terdapat pada *library* (Gambar 1) dan simbol dari katup 5/2 yang merupakan bagian dari komponen pneumatik (Gambar 1). Dengan Automation Studio setiap katup yang akan dipakai diberi kebebasan dalam penggunaan metode aktuasinya sesuai dengan yang diinginkan. Misalkan saja bila ingin memakai katup 3/2 Push Button Normally Close maka simbol dari katup 3/2 NC harus ditambah dengan metode aktuasi Push Button dan Spring mengembalikan posisi katup ke posisi semua. Cara penambahan metode aktuasi ini ditunjukkan pada Gambar 2.(Ahmad.2008)[2]



**Gambar 2.2.1** Komponen *Library* Dalam Sebuah *Works*

## 2.3 Pengertian Pneumatik

Pneumatik adalah ilmu yang mempelajari gerakan atau perpindahan udara dan gejala atau fenomena udara. Dengan kata lain pneumatik berarti mempelajari tentang gerakan angin (udara) yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga dan kecepatan. Secara umum diagram blok kontrol pneumatik adalah seperti Gambar 4 (Ari.2004) [3]



**Gambar 2.3.1** Diagram blok kontrol pneumatik

Sistem pneumatik digunakan sebagai penghasil gerakan, khususnya gerak lurus tetap. Sedangkan sistem simulasi yang digunakan merupakan gabungan antara desain 3D dan sistem pneumatik. Desain 3D digunakan sebagai penggerak actuator, sistem pneumatik digunakan untuk menghasilkan gerak actuator.

## 2.4 Konstruksi Pneumatik

Secara umum komponen-komponen konstruksi pneumatik dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu :

- ❖ Unit Tenaga
- ❖ Unit Pengatur
- ❖ Unit Penggerak

### 2.4.1 Unit Tenaga (Power Pack)

Unit ini berfungsi untuk membangkitkan tenaga fluida yaitu berupa aliran udara mampat. Unit tenaga ini terdiri atas kompressor, air receiver dan kelengkapannya, serta unit pelayanan udara yang terdiri atas filter udara, regulator pengatur tekanan dan lubricator.

Kompressor yang digunakan dalam penelitian ini adalah linier kompressor dengan silinder tunggal. Kompressor ini berfungsi untuk membangkitkan udara mampat yang didapat dari getaran vortex pada fluida cair yang ada pada oscilating part yang diakibatkan oleh arus air laut yang mengenai floating structure.

Udara bertekanan untuk penggunaan pneumatik harus dapat memadai dan memiliki kualitas yang baik. Untuk menjaga kualitas udara yang diterima, unit pemeliharaan udara (servis unit) harus digunakan untuk mempersiapkan udara sebelum digunakan kedalam sistem kontrol pneumatik. (Al Antoni.2009)[2]

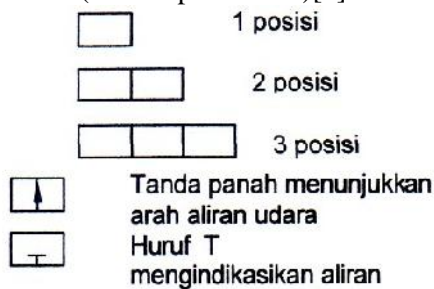
### 2.4.2 Unit Pengatur

Unit pengatur merupakan bagian pokok yang menjadikan sistem pneumatik termasuk sistem otomasi. Karena dengan unit pengatur ini hasil kerja dari sistem pneumatik dapat di atur secara otomatis baik gerakan, kecepatan, urutan gerak, arah gerakan maupun kekuatannya. Dengan unit pengatur ini sistem pneumatik dapat didesain untuk berbagai tujuan otomatis.

Fungsi dari unit pengatur ini adalah untuk mengatur atau mengendalikan jalannya penerusan tenaga fluida hingga menghasilkan bentuk kerja (usaha) yang berupa tenaga mekanik. Unit pengatur ini berupa katup kontrol arah. Jenis-jenis katup kontrol arah antara lain :

- ❖ Katup 3/2 geser dengan tangan (*Hand Slide Valve*)
- ❖ Katup 3/2 dengan tuas roller
- ❖ Katup kontrol 5/2
- ❖ Katup ganti/katup “atau”
- ❖ Katup kontrol aliran satu arah

Katup kontrol arah adalah bagian yang mempengaruhi jalannya aliran udara. Aliran udara akan lewat, termampatkan ke atmosfer tergantung dari lubang dan jalan aliran katup kontrol arah tersebut. (Hari Septian.2016)[4]



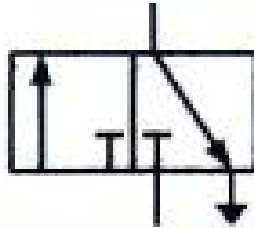
**Gambar 2.4.2.1.** Simbol untuk pemberian nama jenis katup

Penamaan katup ditentukan berdasarkan banyaknya lubang pada salah satu posisi per banyaknya posisi dalam setiap lubang juga posisi awal dari katup. Posisi normal katup selalu berada pada posisi sebelah kanan, sehingga simbol-simbol saluran selalu diletakkan pada kotak sebelah kanan. Menurut jenisnya katup pengarah dapat di bagi menjadi beberapa jenis :

#### a) Katup 3/2

Katup 3/2 adalah katup yang membangkitkan sinyal dengan sifat bahwa sebuah sinyal keluaran dapat dibangkitkan juga dapat dibatalkan/diputuskan. Katup 3/2 mempunyai 3 lubang dan 2 posisi. Ada 2 konstruksi sambungan keluaran :

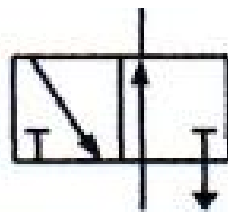
1. Posisi normal tertutup (N/C): katup belum diaktifkan, pada lubang keluaran tidak ada aliran udara bertekanan yang keluar.



**Gambar 2.4.2.2** Simbol katup 3/2 *normally closed*

(Sumber: <http://weknownyourdreamz.com/symbols/electric-solenoid-valve-symbol.html>)

2. Posisi normal terbuka (N/O): katup belum diaktifkan, pada lubang keluaran sudah ada aliran udara bertekanan yang keluar.

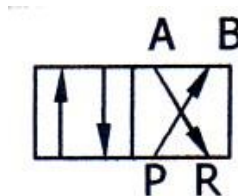


**Gambar 2.4.2.3** Simbol katup 3/2 *normally open*

(Sumber: <http://weknownyourdreamz.com/symbols/electric-solenoid-valve-symbol.html>)

#### b) Katup 4/2

Katup 4/2 memiliki jumlah 4 lubang dan 2 ruang

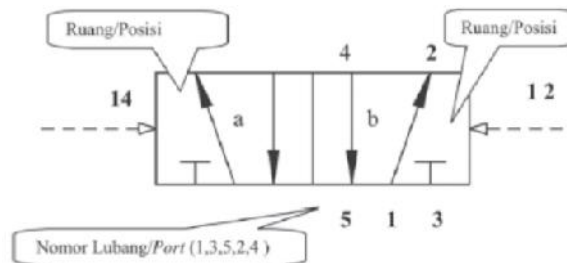


**Gambar 2.4.2.5** Simbol katup 4/2

(Sumber: <http://weknownyourdreamz.com/symbols/electric-solenoid-valve-symbol.html>)

#### c) Katup 5/2

Katup 5/2 memiliki jumlah lubang/port bawah ada tiga (1,3,5) sedangkan di bagian output ada 2 port (2,4). Katup tersebut juga memiliki dua posisi/ruang yaitu a dan b. Penggerak katup berupa udara bertekanan dari sisi 14 dan 12. Sisi 14 artinya bila disisi tersebut terdapat tekanan udara, maka tekanan udara tersebut akan menggeser katup ke kanan sehingga udara bertekanan akan mengalir melalui port 1 ke port 4 ditulis 14. Demikian pula sisi 12 akan mengaktifkan ruang b sehingga port 1 akan terhubung dengan port 2 ditulis 12 (Fandy.2012)[4]



**Gambar 2.4.2.5** Simbol katup 5/2

a) Dan lain-lain

Untuk meringkas berbagai jenis katup, maka penulis meringkas sebagai berikut :

Simbul Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)
	2/2-way	Menutup
	2/2-way	Membuka
	3/2-way	Menutup
	3/2-way	Membuka
	3/3-way	Menutup
Simbul Katup	Penandaan Katup	Posisi Normal (Awal)
	4/2-way	1 Pemasukan 1 Pembuangan
	4/3-way	posisi tengah menutup
	4/3-way	A & B posisi pembuangan
	5/2-way	Ada 2 saluran pembuangan

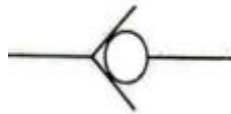
**Gambar 2.4.2.7** Daftar Simbol Katup (samuel.2012)[5]

### 2.3. Jenis katup pneumatik menurut standar ANSI

Pada dunia industri, penggunaan katup pneumatik sangat beragam. Berikut beberapa jenis katup pada bidang industri sesuai standar ANSI :

#### a) Check valve

Merupakan salah satu komponen pneumatik yang berfungsi mencegah aliran balik, sehingga akan menghindari kejutan fluida ketika terjadi tekanan balik

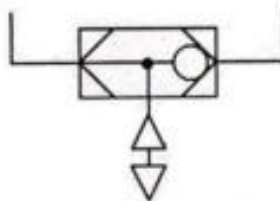


**Gambar 2.3.1** Lambang ANSI check valve

(Sumber : Prika Ditya Margani, Sistem Operasi Pengereman Udara Pada Kereta Api CC 201, 2009)

#### b) Shuttle valve

Merupakan komponen yang berfungsi secara otomatis memilih tekanan yang lebih tinggi diantara dua tekanan input dan menghubungkan tekanan tersebut ke port output dan memblokir tekanan yang lebih rendah

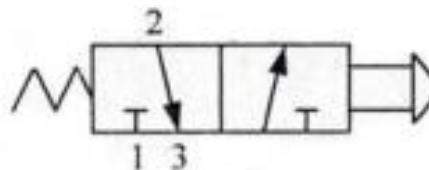


**Gambar 2.3.2** Lambang ANSI shuttle valve

(Sumber : Prika Ditya Margani, Sistem Operasi Pengereman Udara Pada Kereta Api CC 201, 2009)

#### c) Pushbutton valve

Katup kendali arah dengan tombol tekan. Umumnya pushbutton valve menggunakan jenis katup 3/2

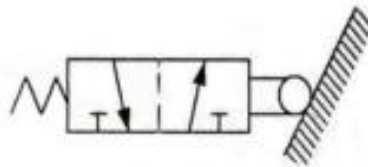


**Gambar 2.3.3** Lambang ANSI pushbutton valve

(Sumber : Prika Ditya Margani, Sistem Operasi Pengereman Udara Pada Kereta Api CC 201, 2009)

d) Limit valve (roll operated)

Menggunakan sebuah tuas beroda untuk mengoperasikannya.



**Gambar 2.3.4** Lambang ANSI limit valve

(Sumber : Prika Ditya Margani, Sistem Operasi Pengereman Udara Pada Kereta Api CC 201, 2009)

### 2.4.3 Unit Penggerak (*Actuator*)

Unit ini berfungsi untuk mewujudkan hasil transfer daya dari tenaga fluida, berupa gerakan lurus atau gerakan putar. Penggerak yang menghasilkan gerakan lurus adalah silinder penggerak, sedangkan yang menghasilkan gerakan putar adalah motor pneumatik. (Al Antoni.2009) [2]



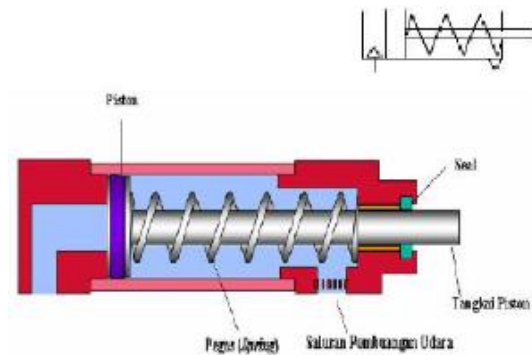
**Gambar 2.4.3.1** Macam-macam *Actuator*

Dalam sistem pneumatik, silinder penggerak dibedakan menjadi :

#### a. Silinder Kerja Tunggal

Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan ke posisi semula biasanya menggunakan pegas. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja tunggal. (Al Antoni.2009) [2]

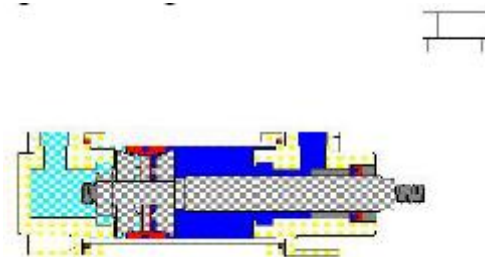




**Gambar 2.4.3.2** Jenis *Single Acting Cylinder* dan Simbol

#### **b. Silinder Kerja Ganda**

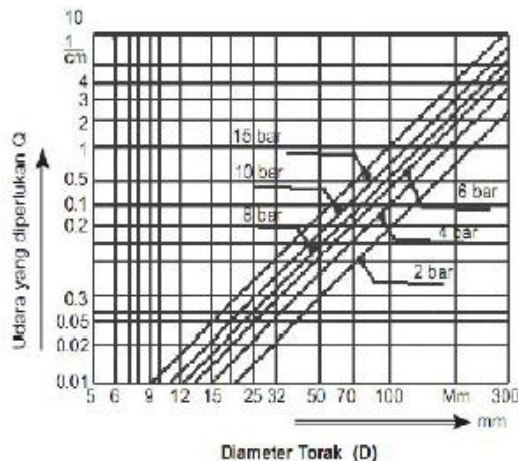
Silinder kerja ganda adalah apabila langkah kerja terjadi pada kedua belah sisi piston, jadi udara mampat mendorong pada sisi depan maupun sisi belakang secara bergantian. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja ganda. (Al Antoni.2009) [2]



**Gambar 2.4.3.3** Jenis *Double Acting Cylinder* dan Simbol

### **2.5 Efektifitas Pneumatik**

Sistem gerak dalam pneumatik memiliki optimalisasi/efektifitas bila digunakan pada batas-batas tertentu. Adapun batas-batas ukuran yang dapat menimbulkan optimalisasi penggunaan pneumatik antara lain diameter piston antara 6 s/d 320 mm, panjang langkah 1 s/d 2000 mm, tenaga yang diperlukan 2 s/d 15 bar, dapat juga bekerja pada tekanan udara dibawah 1 atmosfer. Adapaun efektifitas penggunaan udara bertekanan dapat dilihat pada grafik di balik halaman ini : (Al Antoni.2009)[2]



**Gambar 2.4.3.4 Efektifitas Udara Bertekanan**

## 2.6 Kebutuhan Udara

Untuk menyiapkan udara terlebih dahulu harus diketahui konsumsi udara pada sistem. Pada tekanan kerja, diameter piston dan langkah tertentu, konsumsi udara dihitung sebagai berikut:

Kebutuhan udara = perbandingan kompresi x luas penampang piston x panjang langkah

$$\text{Perbandingan kompresi} = \frac{1,031 + \text{tekanan kerja (bar)}}{1,031}$$

Untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan kebutuhan udara, tabel dibawah ini menunjukkan kebutuhan udara persentimeter langkah piston untuk berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder. (Al Antoni.2009)[2]

- ❖ Silinder kerja tunggal :  $Q = s \times n \times q$
- ❖ Silinder kerja ganda :  $Q = 2 (s \times n \times q)$

Keterangan :

- Q = Kebutuhan udara silinder ( l/min )
- q = Kebutuhan udara persentimeter langkah piston
- s = Panjang langkah piston ( cm )
- n = Jumlah siklus kerja per-menit

## 2.7 Aliran Fluida

Aliran Fluida untuk pneumatika pada kecepatan rendah pada dinding-dinding pipa dan aliran yang paling tinggi di pusat pipa. Ini dikenal dengan aliran *laminar* atau *streamline*. (Al Antoni.2009)[2]

Sifat aliran ditentukan pada bilangan *reynolds*,  $Re$ , yang diberikan oleh persamaan sebagai berikut :

$$Re = (v \times d \times \rho) / \mu \quad \text{eq (2.1)}$$

Keterangan :

v = Kecepatan aliran ( m/s )  
 d = Diameter pipa ( mm )  
 = Densitas ( kg/m<sup>3</sup> )  
 = Viskositas

## 2.6 Gaya Piston

Gaya piston yang dihasilkan oleh silinder bergantung pada tekanan udara, diameter silinder dan tahanan gesekan dari komponen perapat. Gaya piston secara teoritis dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$F = A \times p \quad \text{eq (2.2)}$$

Untuk silinder kerja tunggal :

$$F = (D^2 \times \pi / 4 \times p) - f \quad \text{eq (2.3)}$$

Untuk silinder kerja ganda :

❖ Langkah maju

$$F = D^2 \times \pi / 4 \times p \quad \text{eq (2.4)}$$

❖ Langkah mundur

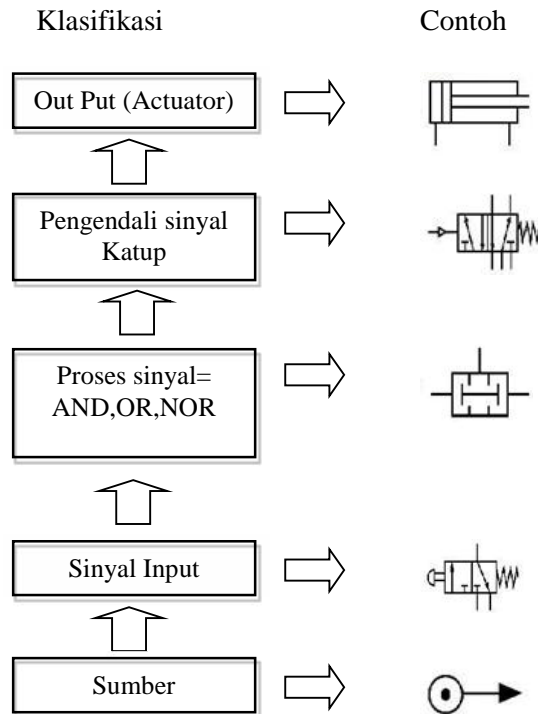
$$F = (D^2 - d^2) \times \pi / 4 \times p \quad \text{eq (2.5)}$$

Di mana :

F = Gaya piston ( N )  
 f = Gaya pegas ( N )  
 D = Diameter piston ( m )  
 d = Diameter batang piston ( m )  
 A = Luas penampang piston yang dipakai ( m<sup>2</sup> )  
 P = Tekanan kerja ( Pa )

## 2.7 Diagram Alir

Diagram Rangkaian harus digambar dengan tata cara penggambaran yang benar. Karena hal ini akan memudahkan seseorang untuk membaca rangkaian, sehingga mempermudah pada saat merangkai atau mencari kesalahan sistem pneumatik.(Dewanto Adi.2013)[6]



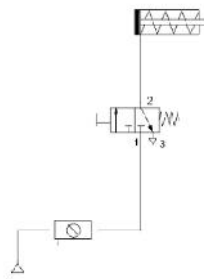
**Gambar 2.7.1** Klasifikasi Elemen Sistim Pneumatik  
(FESTO FluidSIM)

## 2.8 Strategi Control

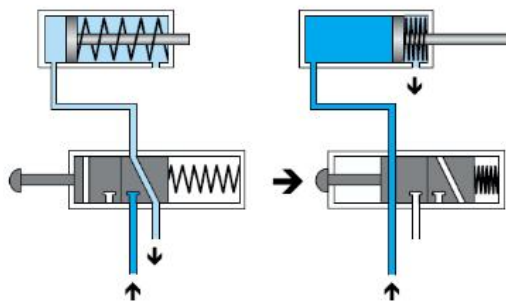
Sistem penyusunan rangkaian dirancang dan direncanakan memiliki dua bagian yang terdiri dari sistem pengontrol utama dan sistem pemandu.

### 2.8.1 Contoh sistem Control Single Acting

Torak dari sebuah silinder penggerak tunggal berpindah posisinya ketika tombol tekanan ditekan sewaktu tombol tekan dilepas, silinder bergerak kembali dengan segera keposisi semula. (dewanto.adi.2013)[6]



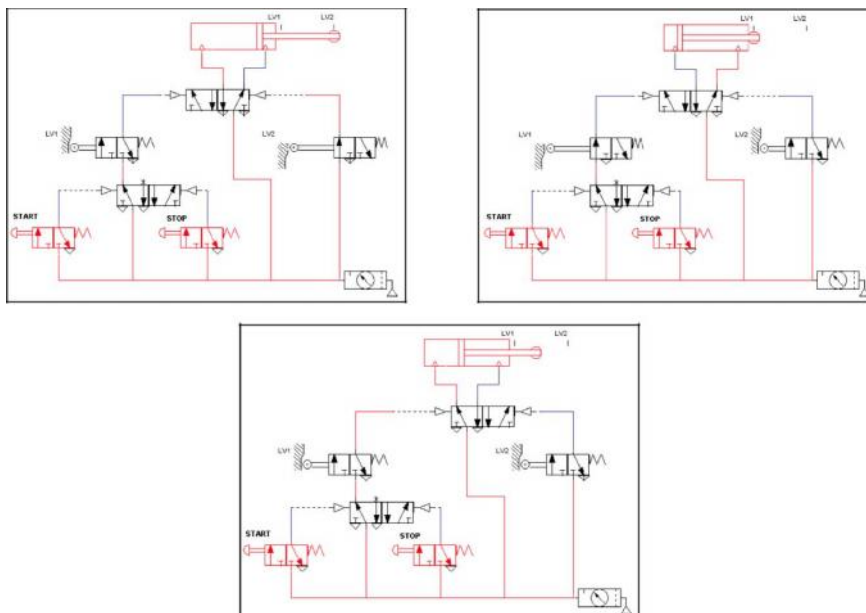
**Gambar 2.8.1.1** Sistem control *single acting* sederhana



**Gambar 2.8.1.2** Aliran udara pada *control single acting*

## 2.8.2 Contoh sistem Control Single Acting

Pada saat push botton belum ditekan aliran udara terhambat pada control valve sehingga udara bertekanan tidak dapat naik ke actuator single acting, kemudian padasaat push botton ditekan maka valve yang tadinya tertutup maka akan bergeser ke valve yang posisinya terbuka maka udara bertekanan akan masuk sehingga actuator *single acting* akan tertekan oleh udara bertekakan mengakibatkan actuator bergerak maju dan sebaliknya jika push botton ditekan kembali maka udara bertekanan menutup kembali dan actuator kembali seperti posisi awal karena pegas dalam actuator.(Dewanto.Adi.2013)[6]



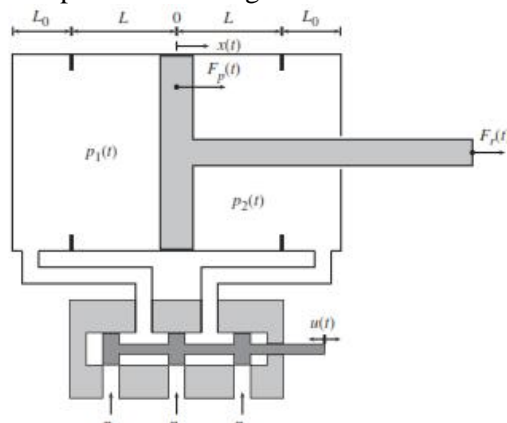
**Gambar 2.8.2.1** Simulasi Rangkaian Pneumatik

Gambar 2.10 merupakan contoh simulasi dari rangkaian sederhana dari sistem pneumatik dimana pada simulasi tersebut akan diperlihatkan gerak dari setiap katup yang teraktuasi dan gerak dari aktuator (*Double Acting Cylinder*). Selain itu juga akan diperlihatkan aliran dari udara bertekanan yang diperlihatkan dengan garis merah serta aliran dari udara tak bertekanan yang diperlihatkan dengan garis biru.(Dewanto.Desi2013)

Adapun unjuk kerja dari rangkaian pneumatik tersebut adalah sebagai berikut. *Double Acting Cylinder* akan bergerak keluar masuk (gerak beruntun) secara terus menerus jika tombol *start* ditekan dan akan berhenti jika tombol *stop* ditekan. Kedua tombol tersebut menggunakan katup 3/2 *Push Button* dan gerak beruntun dari *Double Acting Cylinder* terjadi karena adanya katup 3/2 *Roller Lever* (LV1 dan LV)

## 2.9 Hukum Dasar Pneumatik

Temperatur, tekanan, volume dan massa adalah berkaitan erat dengan udara/gas. Suatu model matematis yang biasanya digunakan untuk menjelaskan hubungan tersebut adalah Hukum Gas Sempurna, yang menggambarkan semua jenis gas. Kompresi gas adalah pemampatan volume gas/udara dalam suatu ruang atau tabung tertutup dengan temperatur udara yang konstan untuk mendapatkan kompresi. Berdasarkan Hukum Boyle tentang kompresi udara tekan pada dua jenis tabung, dinyatakan bahwa perkalian tekanan dan volume pada tabung dalam kondisi sebelum dikenai gaya tekan adalah sama dengan perkalian tekanan dan volume pada kondisi setelah dikenai gaya tekan.(A.Ilcmann.2006)[7] Untuk jelasnya dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :



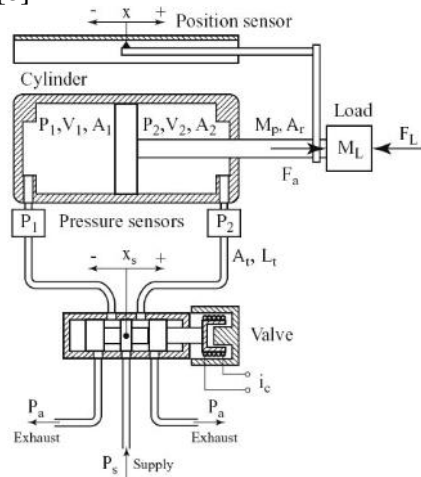
**Gambar 2.9.1** Pnumatic silinder

Tekanan terjadi dalam suatu fluida bila fluida tersebut dikenai suatu gaya. Pada gambar 2.1. sebuah gaya  $F$  diberikan pada fluida tertutup lewat sebuah piston dengan luas  $A$ . Ini menghasilkan tekanan  $P$  dalam fluida. Jelaslah bahwa dengan menaikkan gaya, tekanan akan naik secara proporsional. Tekanan dalam fluida dengan demikian dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja per satuan luas, atau :

$$P = \frac{F}{A} \dots (1)$$

(Andrew Parr MSC, 2003)

Dengan P adalah tekanan fluida, F adalah gaya yang bekerja dan A adalah luasan piston (Dr.Djordic.2011)[8]



**Gambar 2.9.2** sistem pnumatik

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \dots (2)$$

Dimana :

$P_1$  = tekanan tabung pada kondisi sebelum dikenai gaya tekan (Pa)

$P_2$  = tekanan tabung pada kondisi setelah dikenai gaya tekan (Pa)

$V_1$  = volume tabung pada kondisi awal ( $m^3$ )

$V_2$  = volume tabung pada kondisi akhir ( $m^3$ )

Hukum Gay Lusac menyatakan bahwa pada tekanan yang konstan maka volume dari gas akan meningkat sebanding dengan temperaturnya. Dalam perumusan dapat ditulis dengan :

$$V_1 / V_2 = T_1 \times T_2 \dots (3)$$

Dimana :

$V_1$  = volume tabung pada kondisi awal ( $m^3$ )

$V_2$  = volume tabung pada kondisi akhir ( $m^3$ )

$T_1$  = temperatur pada kondisi awal ( $^0K$ )

$T_2$  = temperatur pada kondisi akhir ( $^0K$ )

Disebutkan pula pada volume yang konstan, tekanan akan meningkat sebanding dengan temperaturnya. Dalam perumusan dapat dinyatakan dengan :

$$P_1 / P_2 = T_1 \times T_2 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$P_1$  = tekanan tabung pada kondisi sebelum dikenai gaya tekan (Pa)

$P_2$  = tekanan tabung pada kondisi setelah dikenai gaya tekan (Pa)

$T_1$  = temperatur pada kondisi awal ( $^0K$ )

$T_2$  = temperatur pada kondisi akhir ( $^0K$ )

Medium kerja pada peralatan pneumatik adalah udara yang merupakan fluida kompresibel (gas). Hal tersebut menjadi alasan mengapa respon sistem pneumatik lebih lambat daripada sistem hidrolis. (Fandy, 2012)[4]

## 2.10 Programmable Logic Controller (PLC)

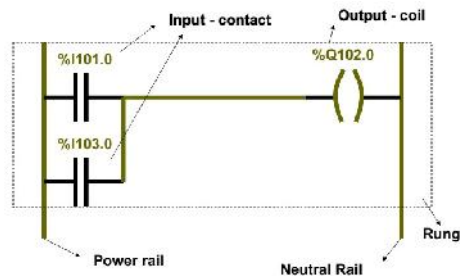
Sebuah PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relai yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, yang berupa menghidupkan atau mematikan keluarannya (logika 0 atau 1, hidup atau mati). Pengguna membuat program (yang umumnya dinamakan diagram tangga atau *ladder diagram*) yang kemudian harus dijalankan oleh PLC yang bersangkutan. Dengan kata lain, PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrumen keluaran berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati. (Adi.2012)[9]

### 2.10.1 Pemrograman Ladder (Diagram Tangga)

Diagram tangga merupakan metode pemrograman PLC yang paling sering digunakan. Instruksi dapat dibagi menjadi bagian masukan yang menyatakan kondisi dan keluaran yang akan dieksekusi apabila kondisi terpenuhi. Pemrograman ini berbasis logika relai, cocok digunakan untuk persoalan-persoalan kontrol diskrit yang kondisi masukan dan keluarannya hanya memiliki dua kondisi yaitu ON dan OFF, seperti pada sistem kontrol konveyor, lift, dan motor-motor industri. Pada perkembangannya, PLC yang ada sekarang sudah dilengkapi dengan masukan dan keluaran analog, biasanya berupa tegangan 0-10 V atau arus 4-20 mA.

Diagram tangga adalah suatu diagram mirip anak tangga yang menggambarkan urutan kerja dari sistem kontrol. Diagram tangga menggunakan simbol standar untuk merepresentasikan elemen rangkaian dan fungsi dalam sistem kontrol. Diagram tangga terdiri dari dua garis vertikal. Antara kedua garis vertikal tersebut terdapat simbol-simbol *switch contact normally open* (NO), *switch contact normally closed* (NC), *timer*, *counter*, fungsi, dan keluaran (*coil*). Sebuah diagram tangga ditunjukkan oleh Gambar 2.25.[9]





**Gambar 2.9.3** Contoh Diagram Tangga

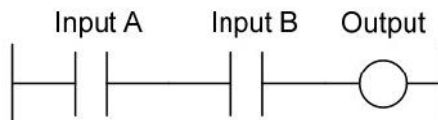
Dalam menggambarkan diagram tangga, diterapkan konvensi-konvensi tertentu:

- Garis-garis vertikal diagram merepresentasikan rel-rel daya, di mana di antara keduanya komponen-komponen rangkaian tersambung.
- Tiap-tiap anak tangga mendefinisikan sebuah operasi di dalam proses kontrol.
- Sebuah diagram tangga dibaca dari kiri ke kanan, dan dari atas ke bawah.
- Tiap-tiap anak tangga harus dimulai dengan sebuah input atau sejumlah input dan harus berakhir dengan setidaknya sebuah output.
- Perangkat-perangkat listrik ditampilkan dalam kondisi normalnya.
- Sebuah perangkat tertentu dapat digambarkan pada lebih dari satu anak tangga. Sebagai contoh, sebuah relai dapat menyalakan satu atau lebih perangkat listrik.
- Seluruh input dan output diidentifikasi melalui alamat-alamatnya, notasi yang digunakan bergantung pada pabrik PLC yang bersangkutan.

### 2.10.2 Fungsi Logika dan Instruksi Dasar pada Diagram Tangga

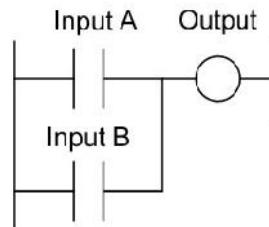
Banyak kontrol yang mengharuskan dilakukannya tindakan-tindakan pengontrolan ketika suatu kombinasi dari kondisi-kondisi tertentu terpenuhi. Hal tersebut dapat digambarkan dengan sebuah persamaan atau gerbang – gerbang logika. Gerbang-gerbang logika yang biasa digunakan, antara lain:

**Logika AND** – Gerbang AND pada sebuah diagram tangga diperlihatkan pada Gambar 3.5. Untuk menghasilkan *Output* ON (logika 1) maka Input A dan Input B harus dalam keadaan ON.



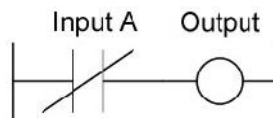
**Gambar 2.10.2.1** Diagram Tangga untuk Logika AND

**Logika OR** – Sistem gerbang OR pada sebuah diagram tangga diperlihatkan pada Gambar 3.6. Untuk menghasilkan *Output* ON (logika 1) maka *Input* A atau *Input* B (atau keduanya) dalam keadaan ON.



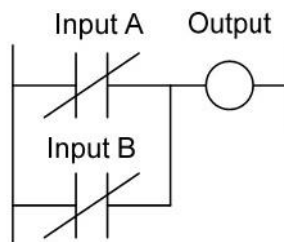
**Gambar 2.10.2.2** Diagram Tangga untuk Logika OR

**Logika NOT** – Sistem gerbang NOT pada sebuah diagram tangga diperlihatkan pada Gambar 3.7. Output akan bernilai ON justru jika input A sedang tidak aktif (OFF atau logika 0). Masukan A disini dikatakan sebagai kontak *normally closed* (NC).



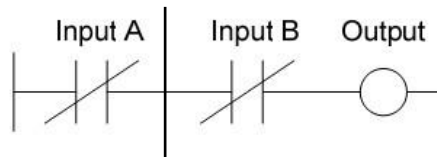
**Gambar 2.10.2.3** Diagram Tangga untuk Logika NOT

**Logika NAND** – Gambar 3.8 memperlihatkan sebuah diagram tangga yang mengimplementasikan sebuah logika NAND.



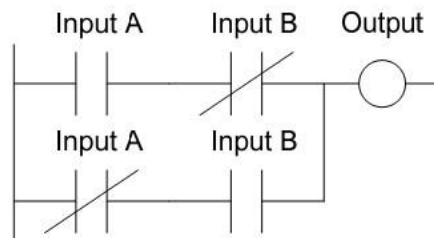
**Gambar 2.10.2.4** Diagram Tangga untuk Logika NAND

**Logika NOR** – Gambar 3.9 memperlihatkan sebuah diagram tangga yang mengimplementasikan sebuah logika NOR.



**Gambar 2.10.2.5** Diagram Tangga untuk Logika NOR

**Logika XOR** – Sebuah logika OR menghasilkan output ketika salah satu atau kedua inputnya berada dalam kondisi 1. Akan tetapi, pada situasi-situasi tertentu, dibutuhkan sebuah logika yang dapat menghasilkan output ketika salah satu di antara kedua inputnya, tidak keduanya sekaligus, bernilai 1. Logika seperti ini disebut logika OR Eksklusif atau XOR. Salah satu cara untuk mendapatkan logika semacam ini adalah dengan menggabungkan logika-logika NOT, AND, dan OR seperti Gambar 3.10.

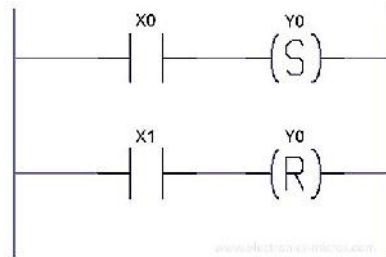


**Gambar 2.10.2.6** Diagram Tangga untuk Logika XOR

Seringkali terdapat situasi-situasi di mana output harus tetap berada dalam keadaan hidup meskipun input telah terputus. Istilah rangkaian *latching* (pengunci) dipergunakan untuk rangkaian-rangkaian yang mampu mempertahankan dirinya sendiri (self-maintaining), dalam artian bahwa setelah dihidupkan, rangkaian akan mempertahankan kondisi ini hingga input lainnya diterima.

**SET** – instruksi ini mengubah status pada sebuah bit menjadi ON ketika kondisi eksekusi juga bernilai ON. Apabila kondisi berubah menjadi OFF, status bit ini tetap ON.

**RESET** – berkebalikan dengan SET, instruksi ini akan mengubah status sebuah bit menjadi OFF ketika kondisi eksekusi ON. Ketika kondisi eksekusi berubah menjadi OFF, status bit tidak berubah (tetap OFF). Simbol instruksi SET-RESET ditunjukkan oleh Gambar 3.11.



**Gambar 2.10.2.7** Instruksi Set dan Reset

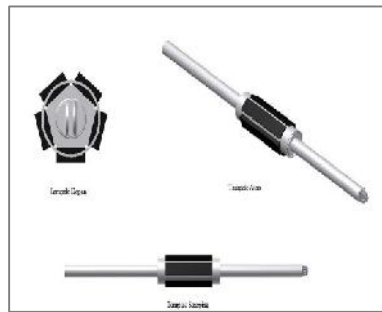
## 2.11 Generator

Generator adalah salah satu mesin listrik yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator menggunakan prinsip percobaannya Faraday, yaitu menggerakkan magnet dalam kumparan atau sebaliknya, ketika magnet digerakkan dalam kumparan maka terjadi perubahan fluks gaya magnet (perubahan arah penyebaran medan magnet) di dalam kumparan dan menembus tegak lurus terhadap kumparan sehingga menyebabkan beda potensial antara ujung-ujung kumparan.(Hari Seotian)[10]

Pembuatan generator linier ini menggunakan stator dan rotor yang berbeda dengan generator model radial maupun axial. Desain stator menggunakan akrilik ukuran yang didesain menjadi sebuah frame stator dengan 6 slot. Lilitan tembaga (email) yang digunakan sebagai belitan stator menggunakan kawat email jenis jerman dengan ukuran . Kawat jenis jerman memiliki kelebihan lebih fleksibel namun kuat. Kawat jenis ini memberikan kemudahan dalam pembuatan belitan stator. Rotor menggunakan 10 buah magnet permanen jenis ferit yang dibagi menjadi 5 pasang dan disusun melingkari as rotor.



**Gambar 2.11.1** Desain stator

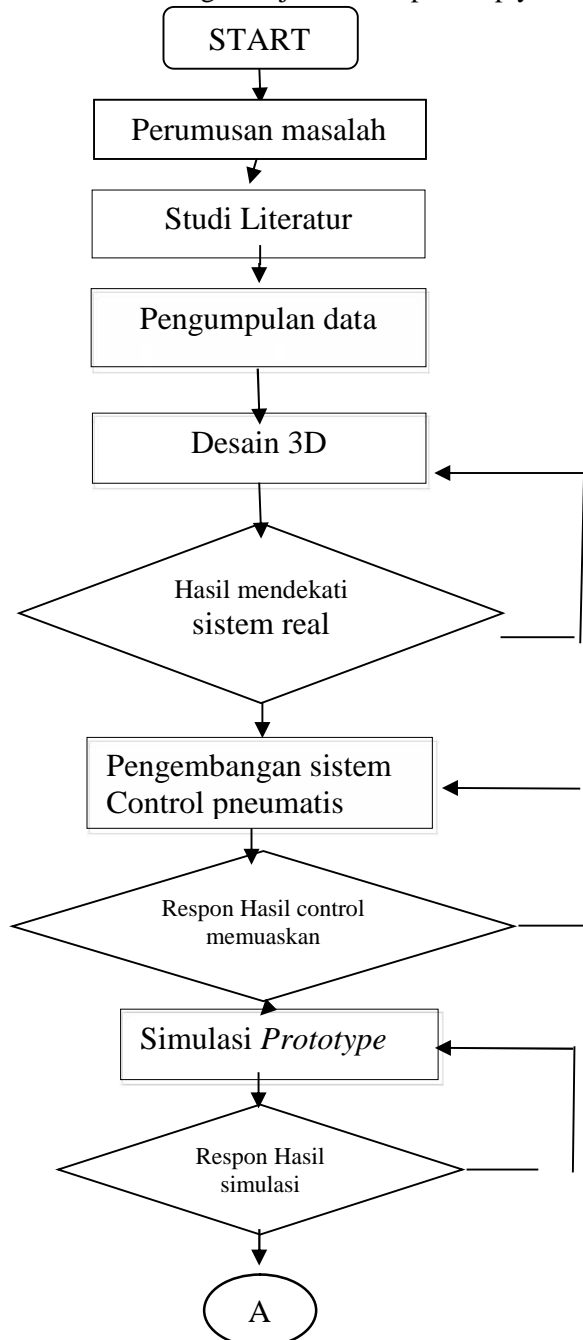


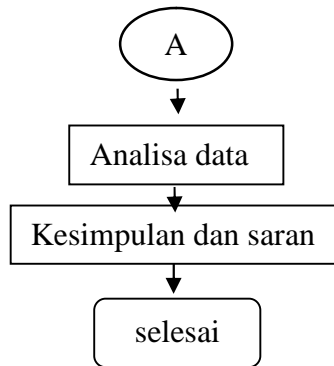
**Gambar 2.11.2** Desain Rotor

**“Halaman ini sengaja di kosonkan”**

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu proses dalam penulisan ilmiah yang bertujuan untuk membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diteliti .secara umum akan dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:





#### a) Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian masalah dari suatu kasus yang akan menjadi objek penelitian. Penyusunan latar belakang, rumusan masalah dan batasan masalah dilakukan agar penulisan lebih terfokus dan mencapai hasil yang diinginkan.

#### b) Studi Literatur

Setelah tahap perumusan masalah, tahap selanjutnya ialah studi literatur. Studi literatur adalah suatu cara untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan mencari/menelusuri referensi teori yang relevan serta sumber-sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya.

#### c) Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan guna mencapai tujuan dari penelitian. Data-data tersebut berfungsi untuk membuktikan hipotesis. Variable-variabel yang terdapat dalam suatu hipotesa akan berpengaruh pada proses pengumpulan data.

#### d.) Desain 3D

Penggambaran 3D untuk *Control pneumatis* di *solidwork* berupa komponen yang yaitu:

- Linier generator
- Actuator
- Air receiver

#### e.) Pengembangan sistem control pneumatis

Pembuatan control pnemumatis dilakukan dengan Cara membuat sekema pengontrolan di automation studio dengan memasukan komponen komponen yang diperlukan sehingga dihasilkan sistem kendai otomatis yang dapat mengatur laju dari actuator single acting maupun double acting.



**f.) Simulasi Prototype**

- A. Proses simulasi yang digunakan dalam simulasi adalah step by step dimana virtualisasinya melalui beberapa tekanan yang berbeda berikut tahapan – tahapan proses simulasi sebagai berikut:

1) *Control valve*

- *Single acting*
- *Double acting*

**g.) Analisa Data**

Setelah dilakukan simulasi yang meliputi kontroler pneumatis ,maka tahap selanjutnya ialah melakukan analisa data dari hasil simulasi. Analisa data merupakan suatu proses untuk memeriksa, mengolah dan mengkonversi data hasil percobaan menjadi informasi yang dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan yang tepat. Analisa data dilakukan berdasarkan pada hipotesa dan perumusan masalah.

**h.) Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan dari data hasil percobaan dan analisa data, maka dapat ditarik kesimpulan akhir dari penelitian ini. Kesimpulan yang baik minimal harus dapat menjawab permasalahan pokok seperti yang telah diidentifikasi di awal. Beberapa kekurangan dan permasalahan yang muncul dari hasil percobaan akan menjadi dasar penyusunan saran. Saran bertujuan agar penelitian yang telah dilakukan bisa dikembangkan lebih baik lagi.

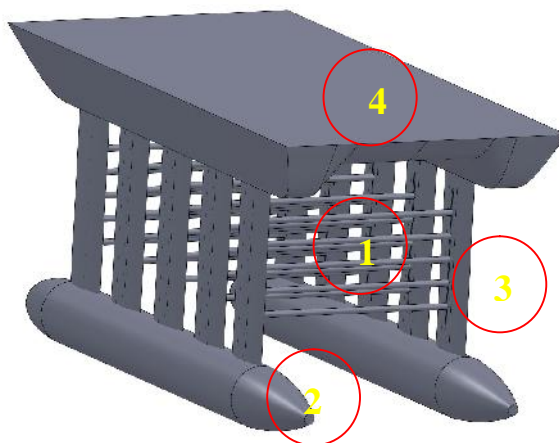
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Permodelan 3D prototype

Penentuan permodelan prototype mengacu pada penelitian yang dilakukan mahasiswa Teknik sistem perkapalan ITS , pada jurnal tugas akhirnya *Portable Induced Vibration* atau lebih dikenal dengan VIVACE (*Vortex Induced Vibrations for Aquatic Clean Energy*) merupakan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan yaitu energi arus air laut. Model *Portable induced Vibration* dapat dilihat pada gambar.(bayu 2012)



**Gambar 4.1.1** Desain *Portable Induce Vibration*

Pada gambar 2.4 *Portable Induce Vibration* memiliki beberapa komponen pada sistemnya, antara lain :

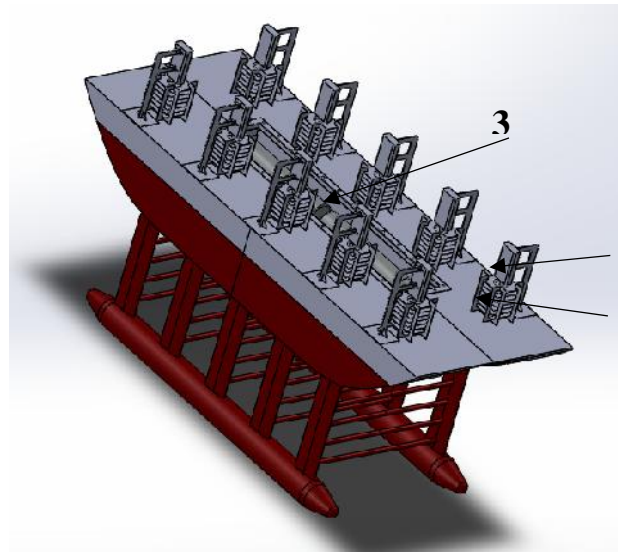
1. Oscillating part , pada prototype ini oscillating part ada lima buah sedangkan jumlah silinder pada masing – masing oscillating part terdapat lebih dari stu silinder dan akan dikaji pada tugas akhir ini untuk mendapat kombinasi jumlah silinder yang mampu menghasilkan osilasi terbaik.

2. Part base, merupakan komponen sistem apung pada *Portable Induced Vibration* .

3. Part stick (penegar), merupakan penyangga bermacam komponen pada *Portable Induced Vibration* antara lain silinder oscillator , part deck , part rotor dan stator. Untuk lebih detailnya komponen pada part stick dapat dilihat pada gambar 2.5 dengan posisi rotor, stator dan silinder yang diangkat ke atas.

4. Part deck, merupakan bagian permukaan dari Prototype ini yang berfungsi sebagai letak generator linier.

Dari desain prototype tersebut dapat di kembangkan untuk part-part yang belum ada di bangunan atas seperti linier generator ,actuator,dan air receiver



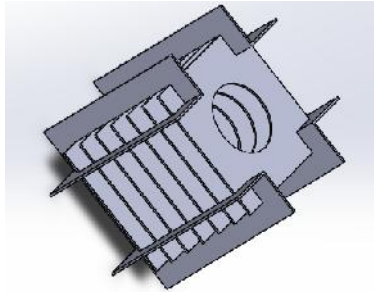
**Gambar 4.1.2** Desain pengembangan prototype pembangkit listrik dengan menggunakan linier generator

Dari data prototype yang mengacu pada penelitian yang dilakukan mahasiswa Teknik sistem perkapalan ITS maka untuk pengembangannya di dapatkan komponen komponen di bangunan atas seperti :

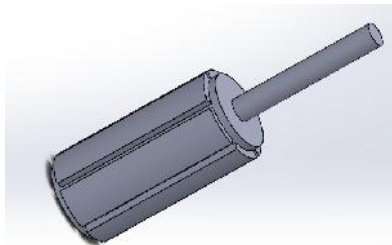
3. Actuator, pada prototype ini actuator berfungsi sebagai penggerak dari linier generator
4. Linier Generator, sebagai ngubah energi mekanik (yang di dihasilkan oleh actuator) menjadi energi listrik.
5. Air receiver, sebagai tempat penampung udara bertekakan yang di hasilkan oleh proses kompresi dari Oscillating part untuk di salurkan ke Actuator.

#### 4.1.1Permodelan Linier Generator

Untuk pengembangannya menentukan desain linier Generator pembuatan generator linier ini mengacu pada penelitian yang dilakukan mahasiswa Teknik sistem Elektro UMS menggunakan stator dan rotor yang berbeda dengan generator model radial maupun axial. Desain stator menggunakan akrilik ukuran 500mm yang didesain menjadi sebuah frame stator dengan 6 slot. Lilitan tembaga (email) yang digunakan sebagai belitan stator menggunakan kawat email jenis jerman dengan ukuran 40 mm. Kawat jenis jerman memiliki kelebihan lebih fleksibel namun kuat. Kawat jenis ini memberikan kemudahan dalam pembuatan belitan stator. Rotor menggunakan 10 buah magnet permanen jenis ferit yang dibagi menjadi 5 pasang dan disusun melingkari as rotor.dengan deasiain stator panjang 1.75 meter lebar 1 meter. (Hari Seotian)[10]



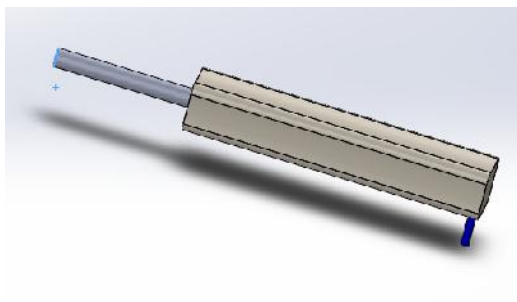
**Gambar 4.1.1.1** Desain stator linier generator



**Gambar 4.1.1.2** Desain rotor linier generator

#### **4.1.2 Permodelan actuator**

Permodelan actuator mengacu pada penelitian yang dilakukan mahasiswa Teknik mesin Universitas sriwijaya Sistem gerak dalam pneumatik memiliki optimalisasi/efektifitas bila digunakan pada batas-batas tertentu. Adapun batas-batas ukuran yang dapat menimbulkan optimalisasi penggunaan pneumatik antara lain diameter piston antara 100 mm, panjang langkah 1000 mm, dapat juga bekerja pada tekanan udara dibawah 1 atmosfer. Adapaun efektifitas penggunaan udara bertekanan dapat dilihat pada grafik di balik halaman ini : (Al Antoni.2009)[2]



**Gambar 4.1.2.1** Desain Actuator

Gaya piston pada actuator double acting ada 2 yaitu gaya untuk langkah maju dan gaya untuk langkah mundur. Berikut ini adalah perhitungan gaya piston dasar untuk actuator double acting

Untuk silinder kerja ganda :

Langkah maju

$$F = D^2 \times \pi / 4 \times p$$

Langkah mundur

$$F = (D^2 - d^2) \times \pi / 4 \times p$$

Di mana :

F = Gaya piston ( N )

f = Gaya pegas ( N )

D = Diameter piston ( m )

d = Diameter batang piston ( m )

A = Luas penampang piston yang dipakai ( m<sup>2</sup> )

P = Tekanan kerja ( Pa )

Diketahui

Spesifikasi Actuator

Diameter Piston = 100 mm = 0,1 cm

= 150 mm = 0,15 cm

= 200 mm = 0,2 cm

**TABEL 4.1.2.1 DATA HASIL PERHITUNGAN GAYA MAJU ACTUATOR**

Langkah Maju

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja (Bar)					
	6	8	10	12	14	16
	Gaya Piston (kN)					
100	4,71	6,28	7,85	9,42	10,99	12,56
150	10,60	14,13	17,66	21,20	24,73	28,26
200	18,84	25,12	31,40	37,68	43,96	50,24

**TABEL 4.1.2.2 DATA HASIL PERHITUNGAN GAYA MUNDUR ACTUATOR**

Langkah Mundur

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja (Bar)					
	6	8	10	12	14	16
	Gaya Piston (kN)					
100	4,29	5,71	7,14	8,57	10,00	11,43
150	7,73	10,31	12,89	15,46	18,04	20,62
200	11,36	15,15	18,94	22,72	26,51	30,30

### 4.1.3 Kebutuhan udara Air reciver

Untuk menyiapkan udara terlebih dahulu harus diketahui konsumsi udara pada sistem. Pada tekanan kerja, diameter piston dan langkah tertentu, konsumsi udara dihitung sebagai berikut:

Kebutuhan udara = perbandingan kompresi x luas penampang piston x panjang langkah.

Untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan kebutuhan udara, tabel dibawah ini menunjukkan kebutuhan udara persentimeter langkah piston untuk berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder. (Al Antoni.2009)[2]

Kebutuhan udara = perbandingan kompresi x luas penampang piston x panjang langkah

$$\text{Perbandingan kompresi} = \frac{1,031 + \text{tekanan kerja (bar)} \times d \times \text{panjang langkah} \times 0,016}{1,031}$$

Spesifikasi Actuator

Diameter Piston = 100 mm = 0,1 cm  
 = 150 mm = 0,15 cm  
 = 200 mm = 0,2 cm

Panjang langkah 1000mm = 100 cm

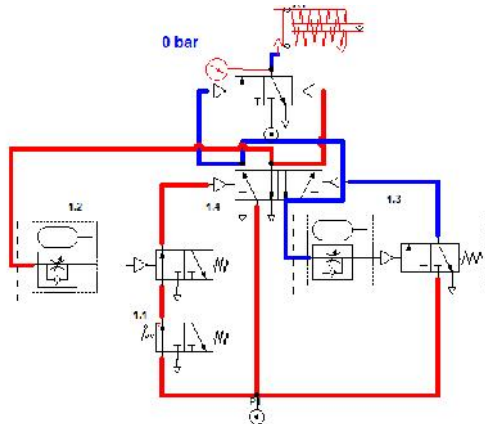
**TABEL 4.1.3 DATA KEBUTUHAN UDARA ACTUATOR**

Diameter Piston (mm)	Tekanan Kerja (Bar)					
	6	8	10	12	14	16
	Kebutuhan Udara (Q) dalam l/min					
100	114	146	178	211	243	275
150	170	219	267	316	364	413
200	227	292	357	421	486	551

## 4.2 Sistem control pneumatis

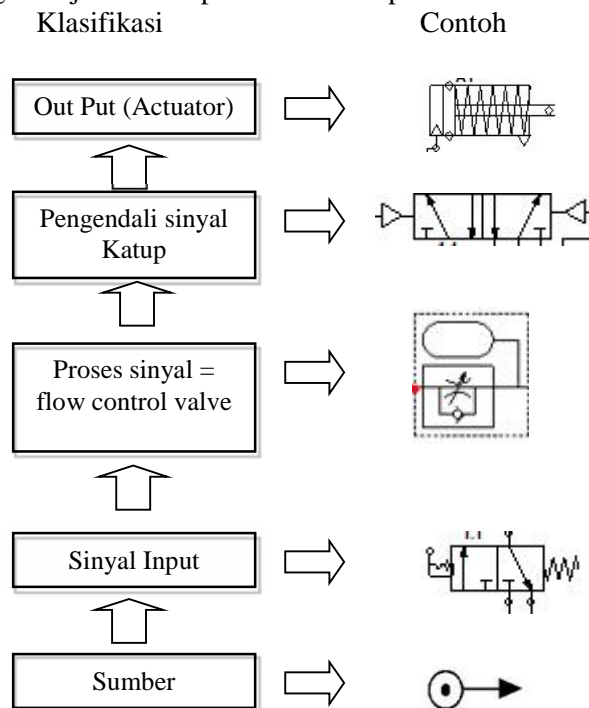
### 4.2.1 Single Acting Control Pneumatic

Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan ke posisi semula biasanya menggunakan pegas. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja tunggal.



**Gambar 4.2.1** Rangkaian sistem control Pneumatis single acting actuator

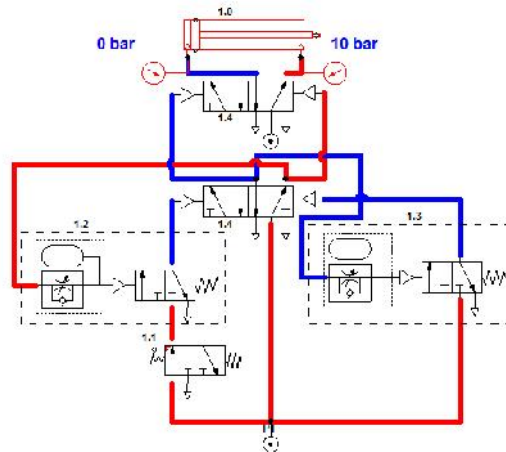
Diagram Rangkaian harus digambar dengan tata cara penggambaran yang benar. Karena hal ini akan memudahkan untuk membaca rangkaian, sehingga mempermudah pada saat merangkai atau mencari kesalahan sistem pneumatic yang masing masing terbagi menjadi beberapa klasifikasi seperti berikut:



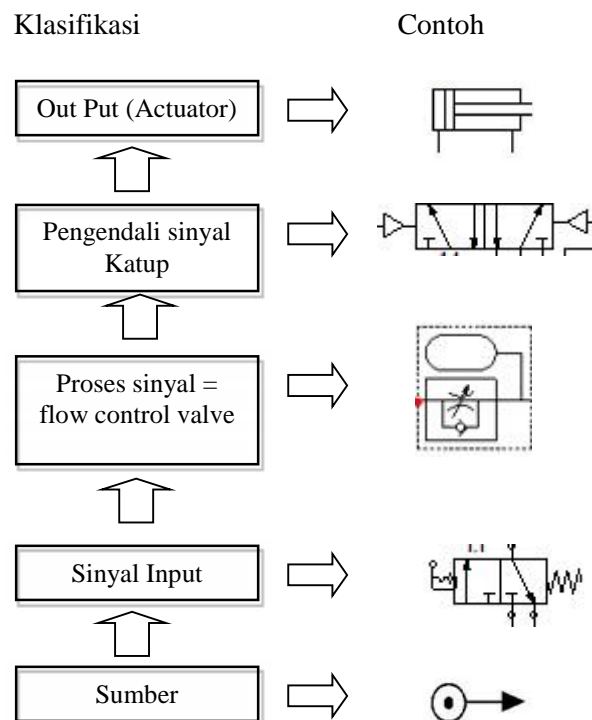
**Gambar 4.2.3** Diagram Rangkaian single



### 4.2.2 Double Acting Control Pneumatic



**Gambar 4.2.4** Rangkaian sistem control Pneumatis double acting (input)

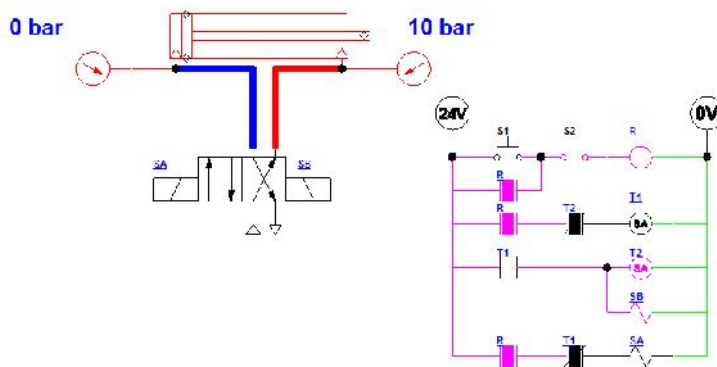


**Gambar 4.2.5** Diagram Rangkaian single

#### 4.2.4 Double Acting Control Pneumatic dengan Ladder diagram

Double acting silinder / Silinder kerja ganda adalah apabila langkah kerja terjadi pada kedua belah sisi piston, jadi udara mampat mendorong pada sisi depan maupun sisi belakang secara bergantian. didalam merancang sistem control pneumatis maka menggunakan software Automation studio. Dimana dalam rancangan di dapatkan sistem kendali yang bekerja secara otomatis dengan mengunakan ladder PLC (*Programmable Logic Controller*) sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relai yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional.

Berikut rangkaian dalam Automataion studio pengendali menggunakan double acting silinder:



**Gambar 4.2.5** Rangkaian control pneuntis doubel acting dengan ladder

#### 4.3 Penentuan Actuator yang sesuai dengan linier Generator

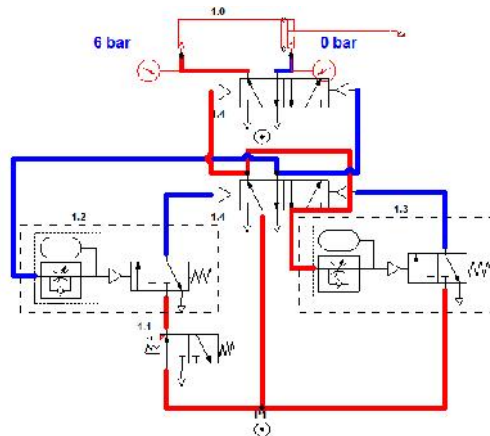
Penentuan actuator agar sesuai dengan linier generator adalah dengan menghasilkan kecepatan yang sesuai inputan dari linier generator yaitu menghasilkan listrik dengan frekuensi yang sesuai yaitu 50Hz. Frekuensi adalah salah satu parameter dalam operasi sistem tenaga listrik. Frekuensi identik dengan banyaknya jumlah gelombang per satu perioda waktu. Generator pada unit pembangkit menghasilkan daya aktif dan daya reaktif, dengan tegangan dan arus pada frekuensi tertentu. Jika jumlah daya yang dihasilkan tidak dapat memenuhi jumlah bebanyang ada, maka frekuensi operasi sistem tenaga listrik akan berubah. Selain itu gangguan-gangguan yang terjadi pada operasi sistemjuga dapat menyebabkan perubahan frekuensi. Perubahan frekuensimerupakan hal yang sangat pentinguntuk diamati. Perubahan frekuensi yang besar dapat menyebabkan peralatan-peralatan listrik mengalami masalah pada kinerjanya dan dapat mengurangi umur pemakaian peralatan-peralatan listriktersebut.Oleh karena itu pengamatan nilai frekuensi dalam operasi sistemtenaga listrik menjadi halyang cukup penting.Untuk menganalisa hasil dari keluaran frekuensi pada linier generator di perlukan kecepatan actuator yang sesuai sehingga menghasilkan frekuensi yang di inginkan sebesar 50Hz. maka di dalam mengaalisa frekuensi mengunkan 10 permodelan simulasi sebagai berikut :

Data hasil permodelan Automation studio:

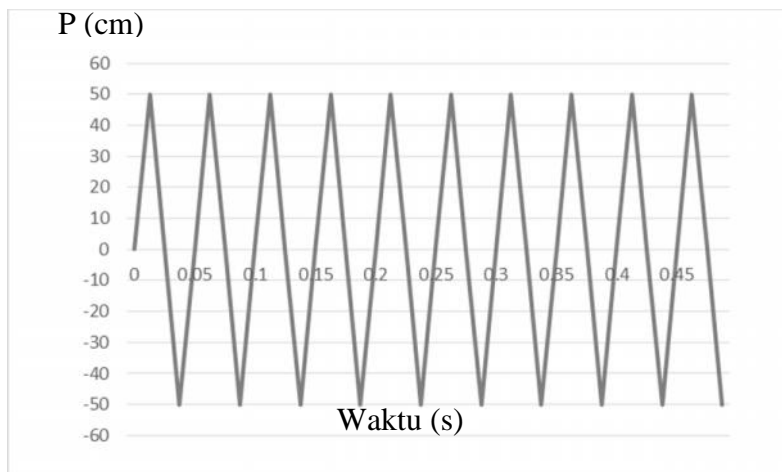
**TABEL 4.3.1 DATA PERMODELAN PADA AUTOMATION STUDIO**

no.	Pemodel	Jenis actuator	Dimensi (cm)	Tekanan(bar)
1	model 1	double acting	10X100	6
2	model 2	single acting	10X100	6
3	model 3	double acting	10X100	8
4	model 4	single acting	10X100	8
5	model 5	double acting	10X100	10
6	model 6	single acting	10X100	10
7	model 7	double acting	10X100	12
8	model 8	single acting	10X100	12
9	model 9	double acting	10X100	14
10	model 10	single acting	10X100	14

## 1. Simulasi Model 1



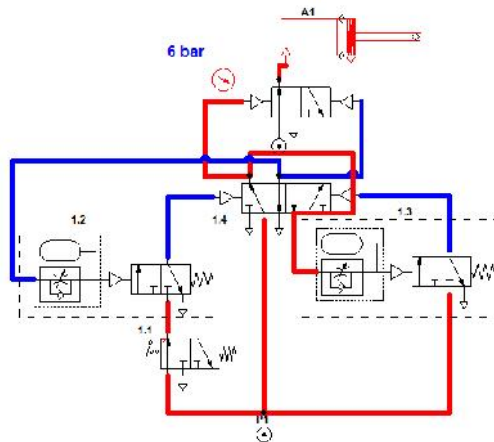
**Gambar 4.3.1** Rangkaian double acting dengan tekanan 6 bar



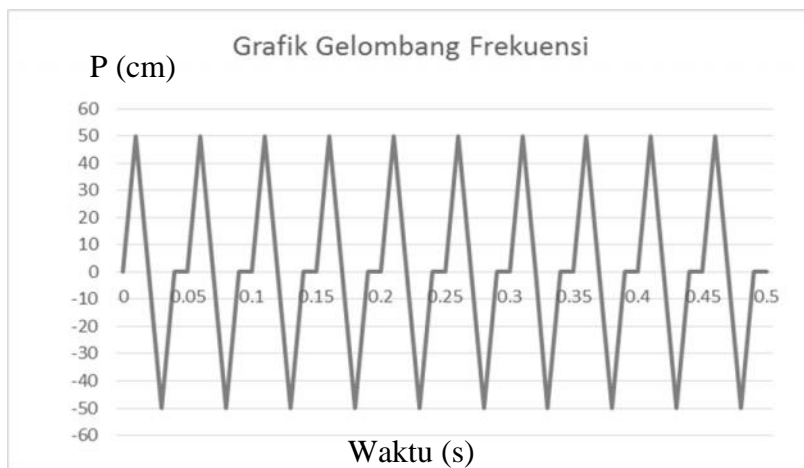
**Gambar 4.3.2** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 1

Pada simulasi model 1 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dilakukan simulasi pada aplikasi Automation Studio dengan spesifikasi actuator double acting (10x100) dimana dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,hasil simulasi kemudian di convert menjadi grafik gelombang frekuensi pada model pertama menggunakan rangkaian double acting dan menggunakan tekanan 6 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.05s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 20 Hz sehingga belum mencukupi untuk standrt frekuensi sebesar 50 Hz meskipun pada rangkaian double acting didapatkan gelombang yang stabil.

## 2. Simulasi Model 2



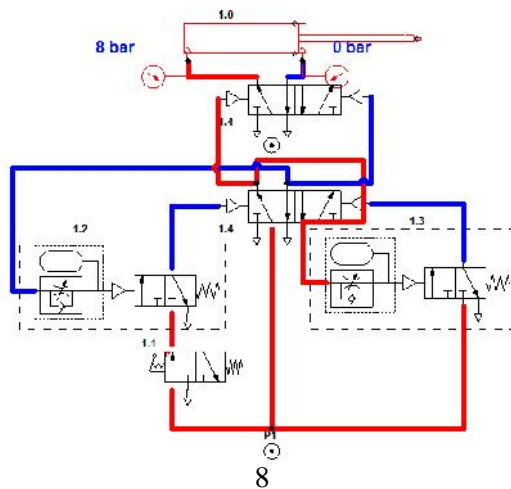
**Gambar 4.3.3** Rangkaian single acting dengan tekanan 6 bar



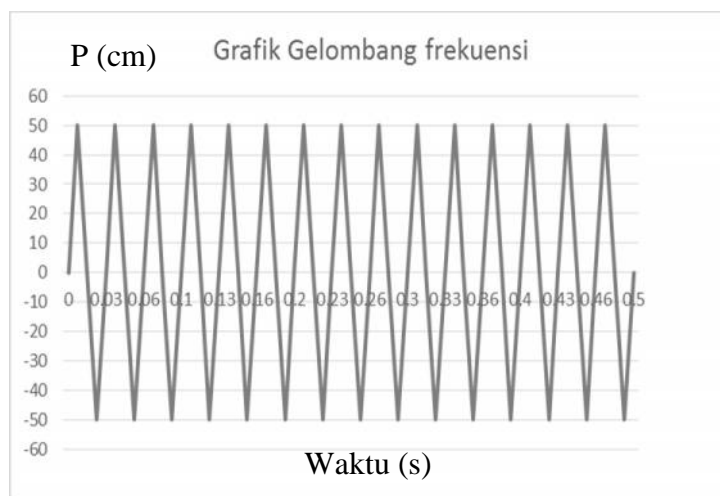
**Gambar 4.3.4** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 2

Simulasi model 2 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dengan spesifikasi actuator Single acting (10x100) dimana dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,hasil simulasi kemudian di convert menjadi grafik gelombang frekuensi pada model kedua menggunakan rangkaian single acting dan menggunakan tekanan 6 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.05 s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 20 Hz sehinga belum mencukupi untuk standrt frekuensi sebesar 50 Hz dan juga pada rangkaian single acting model 2 didapatkan gelombang yang tidak stabil di karenakan saat feedback actuator single acting menggunakan pegas.

### 3. Simulasi Model 3



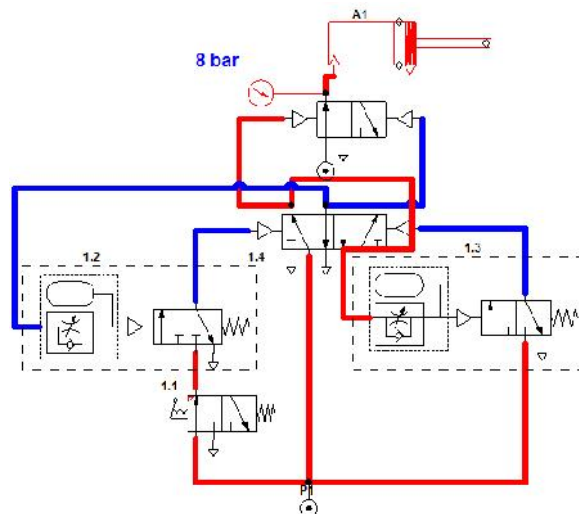
**Gambar 4.3.5** Rangkaian double acting dengan tekanan 8 bar



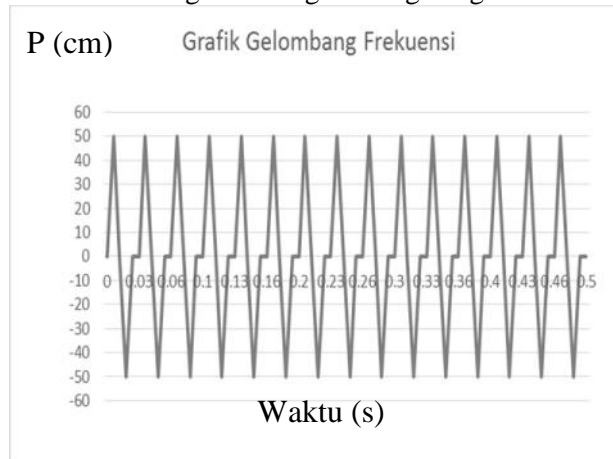
**Gambar 4.3.6** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 3

Simulasi model 3 tidak jauh berbeda dengan simulasi model pertama juga menggunakan rangkaian double acting dengan menggunakan actuator double acting yang membedakan adalah pada simulasi model ke 3 menggunakan tekanan 8 bar sehingga di dapatkan waktu untuk satu frekuensi 0.03 s , dari grafik di atas bisa di simpulkan hasil output actuator 30 Hz sehingga belum mencukupi untuk standrt sebesar 50Hz walaupun hasil didapatkan gelombang yang stabil.

#### 4. Simulasi Model 4



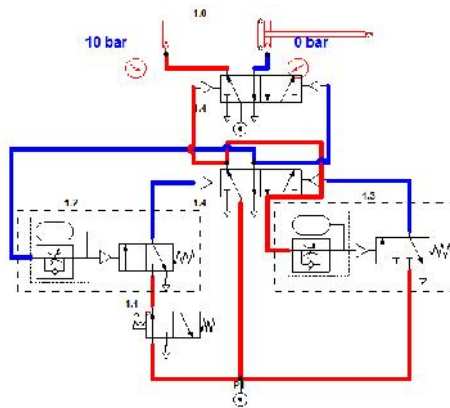
**Gambar 4.3.7** Rangkaian single acting dengan tekanan 8 bar



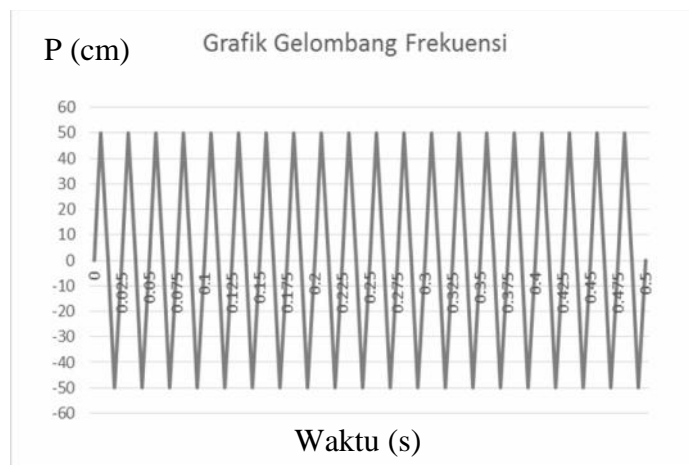
**Gambar 4.3.8** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 4

Simulasi model 4 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dengan spesifikasi actuator Single acting (10x100) dimana dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,hasil simulasi kemudian di convert menjadi grafik gelombang frekuensi pada model ke empat menggunakan rangkaian single acting dan menggunakan tekanan 8 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.05s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 30 Hz sehingga belum mencukupi untuk standrt frekuensi sebesar 50 Hz dan juga pada rangkaian single acting model 2 didapatkan gelombang yang tidak stabil di karenakan saat feedback actuator single acting menggunakan pegas.

## 5. Simulasi Model 5



**Gambar 4.3.9** Rangkaian double acting dengan tekanan 10 bar

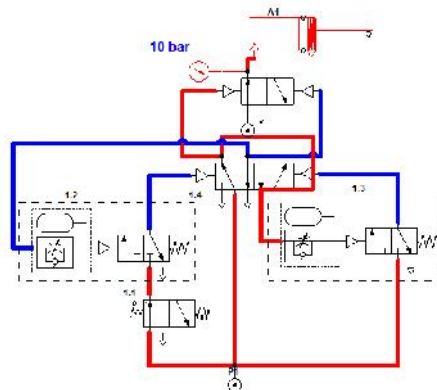


**Gambar 4.3.10** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 5

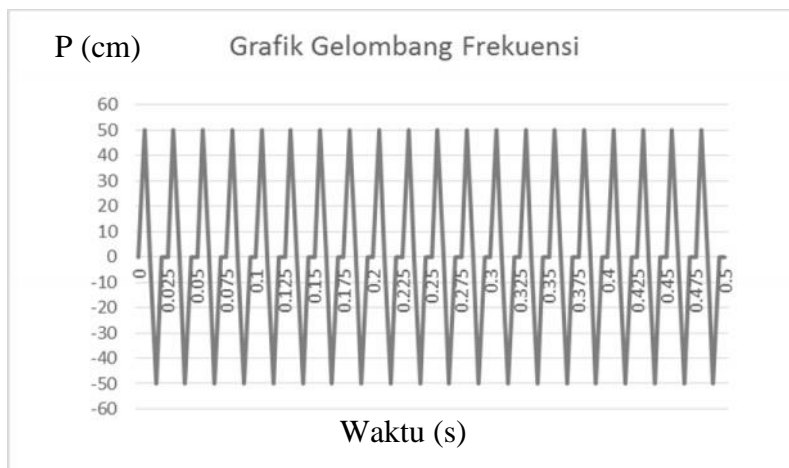
Simulasi model 5 tidak jauh berbeda dengan simulasi model pertama dan ketiga juga menggunakan rangkaian double acting dengan menggunakan actuator double acting yang membedakan adalah pada simulasi model ke 1,3 menggunakan tekanan 10 bar sehingga di dapatkan waktu untuk satu frekuensi 0.025 s , dari grafik di atas bisa di simpulkan hasil output actuator 40 Hz sehingga belum mencukupi untuk standrt sebesar 50Hz walaupun hasil didapatkan gelombang yang stabil.



## 6. Simulasi Model 6



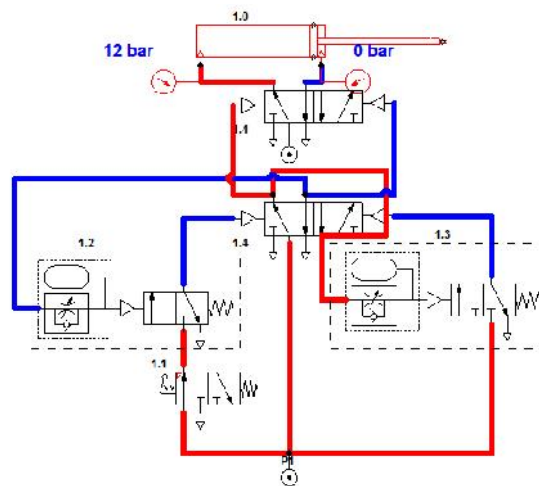
**Gambar 4.3.11** Rangkaian single acting dengan tekanan 10 bar



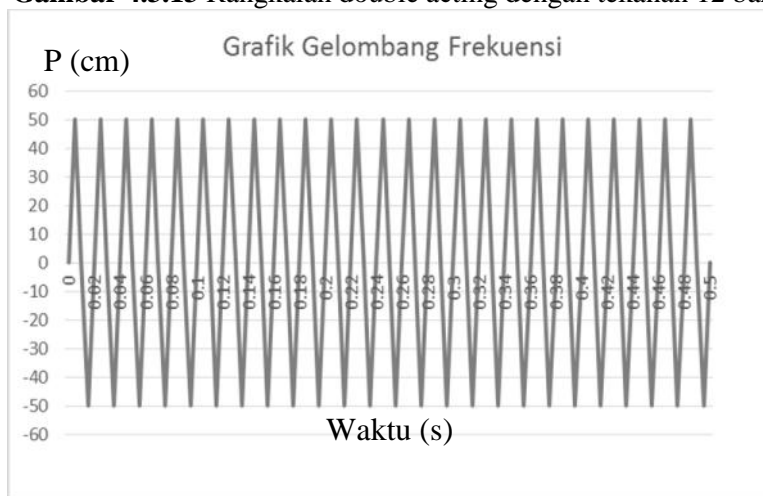
**Gambar 4.3.12** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 6

Pada simulasi model 6 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dimana pada sumbu y merupakan panjang actuator dan sumbu x waktu tempuh actuator dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,pada menggunakan tekanan 10 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.025 s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 40 Hz seHINGA belum mencukupi untuk standrt frekuensi sebesar 50 Hz dan juga di dapatkan gelombang yang tidak stabil setelah *feedback* actuator.

## 7. Simulasi Model 7



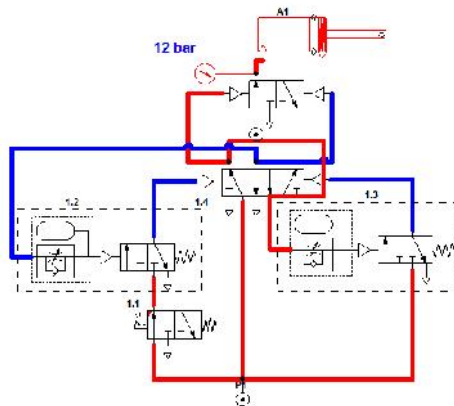
**Gambar 4.3.13** Rangkaian double acting dengan tekanan 12 bar



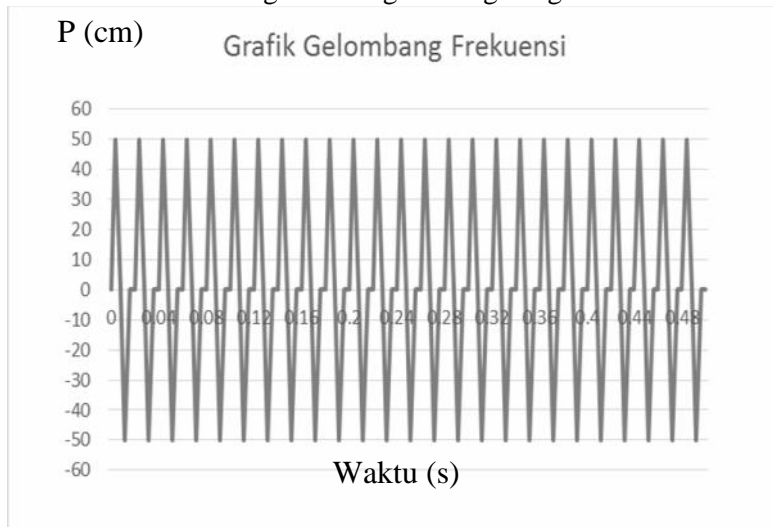
**Gambar 4.3.14** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 7

Simulasi model 7 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dengan spesifikasi actuator double acting (10x100) dimana dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,hasil simulasi kemudian di convert menjadi grafik gelombang frekuensi pada model ke tujuh menggunakan rangkaian double acting dan menggunakan tekanan 12 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.02 s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 50 Hz mencukupi untuk standart frekuensi sebesar 50 Hz dan juga pada rangkaian double acting model 27 didapatkan gelombang yang stabil sehingga sesuai untuk gerakan linier generator.

## 8. Simulasi Model 8



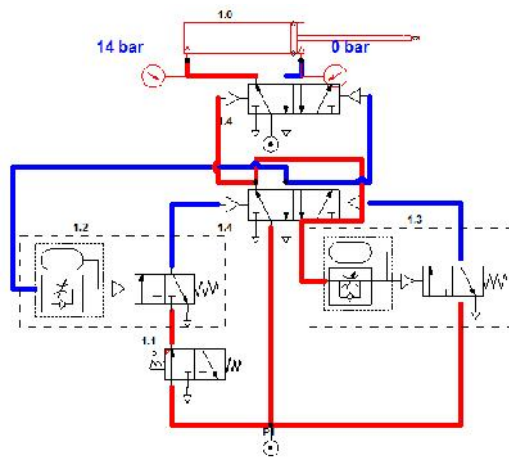
**Gambar 4.3.15** Rangkaian single acting dengan tekanan 12 bar



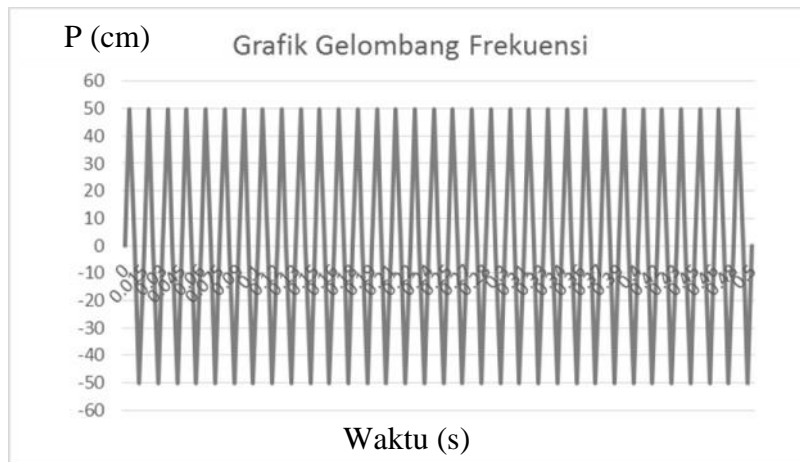
**Gambar 4.3.16** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 8

Pada simulasi model 8 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dimana pada sumbu y merupakan panjang actuator dan sumbu x waktu tempuh actuator dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,pada menggunakan tekanan 12 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.02 s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 50 Hz sehinga mencukupi untuk standrt frekuensi sebesar 50 Hz tetapi dapatkan gelombang yang tidak stabil setelah *feedback* actuator.

## 9. Simulasi Model 9



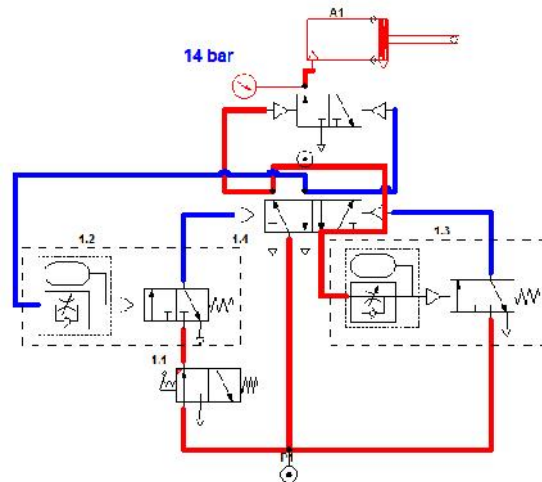
**Gambar 4.3.17** Rangkaian double acting dengan tekanan 14 bar



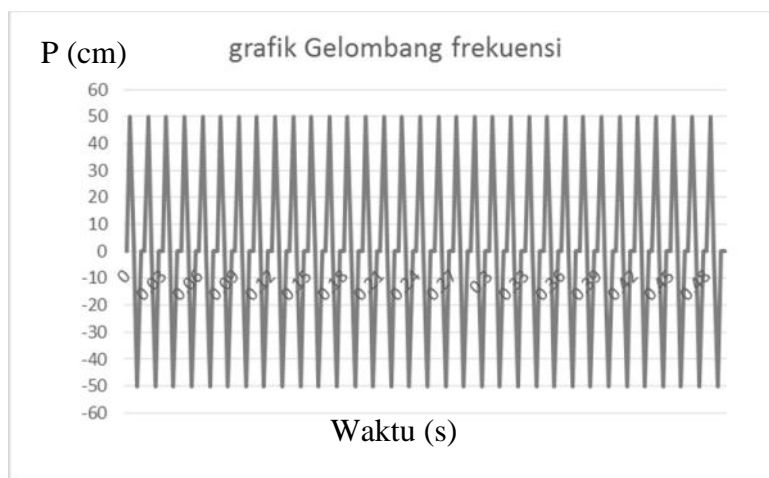
**Gambar 4.3.18** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 9

Simulasi model 9 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dengan spesifikasi actuator double acting (10x100) dimana dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm , rangkaian double acting dan menggunakan tekanan 14 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.015s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 66 Hz berlebih untuk standrt frekuensi sebesar 50 Hz walaupun pada rangkaian double acting model 9 didapatkan gelombang yang stabil.

## 10. Model 10



**Gambar 4.29** Rangkaian Single acting dengan tekanan 14 bar



**Gambar 4.3.19** Grafik gelombang frekuensi simulasi Model 10

Pada simulasi model 10 hasil simulasi pada grafik gelombang frekuensi diatas dimana pada sumbu y merupakan panjang actuator dan sumbu x waktu tempuh actuator dengan diameter actuator sebesar 10cm dan panjang actuator sebesar 100cm ,pada menggunakan tekanan 14 bar dihasilkan kecepatan per gelombang frekuensi sebesar 0.015 s sehingga menghasilkan frekuensi sebesar 66 Hz melebihi standrt frekuensi 50 Hz dan juga menghasilkan gelombang frekuensi yang tidak stabil.

Tabel Hasil dari simulasi permodelan 1-10 :

**TABEL 4.3.2 HASIL DARI SELURUH SIMULASI**

no.	Pemodel	Tekanan(bar)	Grafik	Frekuensi (Hz)	Hasil
1	model 1	6	Stabil	20	Tidak memenuhi
2	model 2	6	Tidak Stabil	20	Tidak memenuhi
3	model 3	8	Stabil	30	Tidak memenuhi
4	model 4	8	Tidak Stabil	30	Tidak memenuhi
5	model 5	10	Stabil	40	Tidak memenuhi
6	model 6	10	Tidak Stabil	40	Tidak memenuhi
7	model 7	12	Stabil	50	memenuhi
8	model 8	12	Tidak Stabil	50	memenuhi
9	model 9	14	Stabil	66	memenuhi
10	model 10	14	Tidak Stabil	66	memenuhi

Dari tabel diatas dapat di simpulkan bahwa untuk simulasi permodelan (model 1, 3, 5, 7,dan 9) mempunyai grafik output yang stabil di karenkan dalam simulasi mengunkan actuator (10x100) berdiameter 10cm dan panjang 100cm yang berjenis double acting sehingga menghasilkan gelombang yang stabil dan sebaliknya model (2, 4, 6, 8,dan 10) mengunkan actuator single acting sehingga grafik yang di hasilkan tidak stabil. Untuk frekuensi yang di hasilkan yang dapat memenuhi adalah pada tekanan lebih dari 12bar tetapi pada percobaan model 9 dan 10 frekuensi yang di hasilkan terlalu berlebih dengan standrt 50 Hz sehingga dapat di simpulkan permodelan yang paling mendekati standrt adalah model 7 dengan mengunkan actuator double acting (10x100) berdiameter 10cm dan panjang 100cm dan menghasilkan gelombang frekuensi yang stabi

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil dari pengembangan prototype di dapatkan pengembangan dari sistem control pneumatis yang prinsip kerjanya adalah udara yang di hasilkan dari gerakan ocilating part kemudian di tampung ke air recaiver kemudian di control tekanan oleh valve control sehingga menggerakkan actuator single acting maupun double acting dari gerakan actuator disalurkan ke linier generator sehingga linier generator dapat menghasilkan listrik.
2. Dari hasil perhitungan di dapatkan untuk kebutuhan udara untuk actuator sebesar 211 L/menit sehingga di pilih actuator (10x100) dikarekan diameter yang sesuai untuk stator pada linier generator , dan dari hasil perhitungan kebutuhan udara actuator tersebut mementukan besarnya air recaiver sebesar 12.660 L/jam
3. Hasil dari simulasi permodelan pada aplikasi Automation studio pada rangkaian single acting maupun double acting didapatkan actuator yang sesuai untuk linier generator adalah permodelan 7 yaitu double acting pada tekanan 12 bar sehingga mengaslkan frekuensi 50 Hz dengan gelombang frekuensi yang stabil.

### **5.2 Saran**

1. Untuk menganalisa sistem control selain sistem control pneumatis di Automation studio bisa di tambahkan dengan sistem control PLC.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



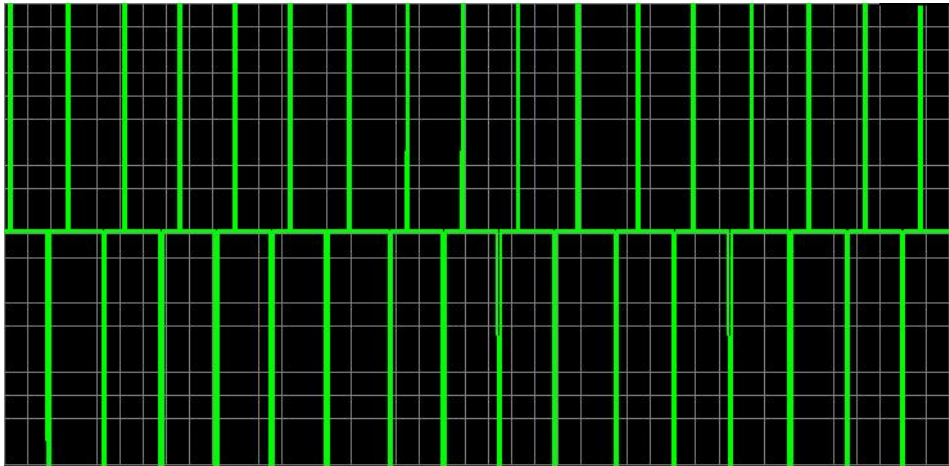
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Bayu Dwi.2012.Kajian Teknis Fenomena Getaran Vorteks Pada Variasi Jumlah Oscillating Part Pembangkit Listrik Tenaga Arus Air Laut.” .
- [2] A. A. Akhmad, “PERANCANGAN SIMULASI SISTEM PERGERAKAN DENGAN PENGONTROLAN PNEUMATIK UNTUK MESIN PENGAMPLAS KAYU OTOMATIS,” *J. Rekayasa Sriwij.*, vol. 3, no. 18, hal. 21–28, 2009.
- [3] A. Setiawan dan I. Setiawan, “Perancangan Lengan Robot Pneumatik Pemindah Plat Menggunakan Programmable Logic Controller,” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip, 2011.
- [4] “Fandy Akbar.2012.Analisa Performa Pneumatic Trainer Feddback PT.147A.Skripsi Teknik Sistemper kapalan.Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] “Semuel Marthen Taribuka, dkk. 2012. Perencanaan Instalasi Kontrol Pneumatik Menggunakan Metode Cascade Pada Alat Pelumatan Tanah Liat Sebagai Bahan Dasar Batu Bata Merah. Jurnal Jurusan T.”
- [6] A. Dewanto dan D. Irmawati, “Pembelajaran sistem hidrolik dan pneumatik dengan menggunakan automation studio,” *J. Pendidik. Teknol. Dan Kejuru.*, vol. 21, no. 3, 2013.
- [7] A. Ilchmann, O. Sawodny, dan S. Trenn, “Pneumatic cylinders: modelling and feedback force-control,” *Int. J. Control*, vol. 79, no. 6, hal. 650–661, Jun 2006.
- [8] “Dr.Djordie Hovicni.2011.Methematical Modelling and Simulation of Pneumation of Pneumatic system .Visoka technicka skola.serbia.” .
- [9] “adi.2012.MODUL3LADDER PLC ADDRESS DIGITAL IO.Buku PLC Jurusan Kelistrikan Kapal.Polteknik Perkapalan Negeri Surabaya.” .
- [10] S. H. Prasetyo dan H. Asy’ari, “Desain Prototipe Generator Linier Magnet Permanen Rpm Rendah,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.

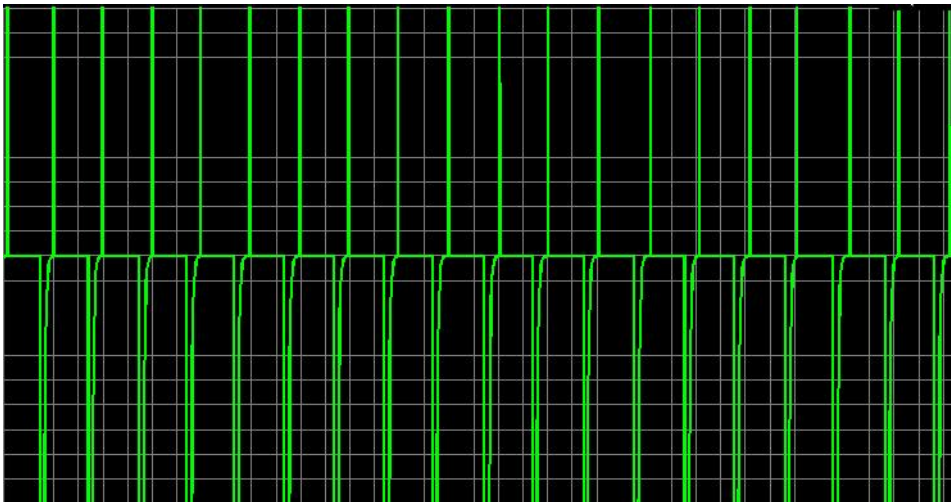
**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**LAMPIRAN I**  
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUTOMATION STUDIO**

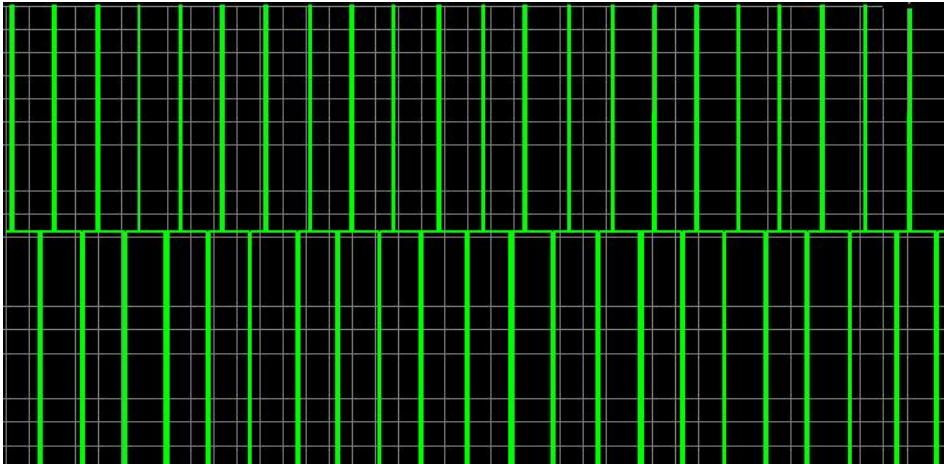
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 1**



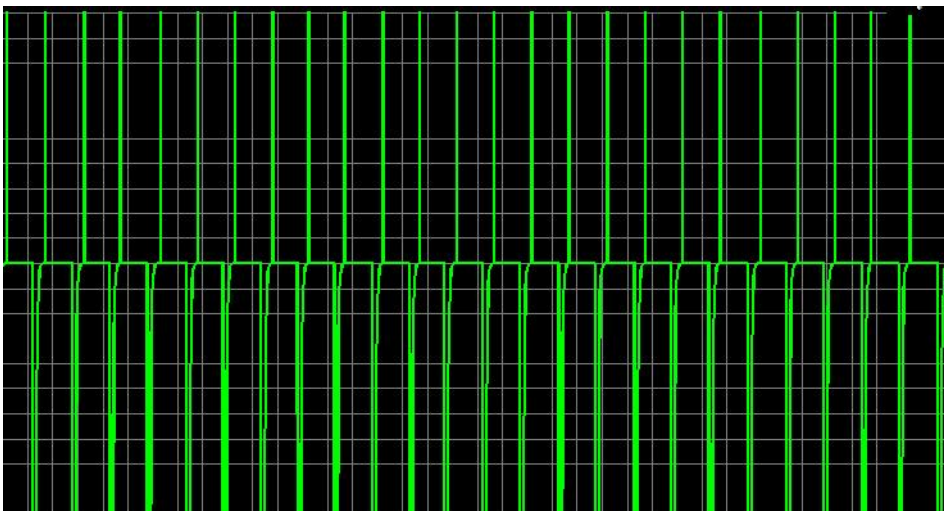
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 2**



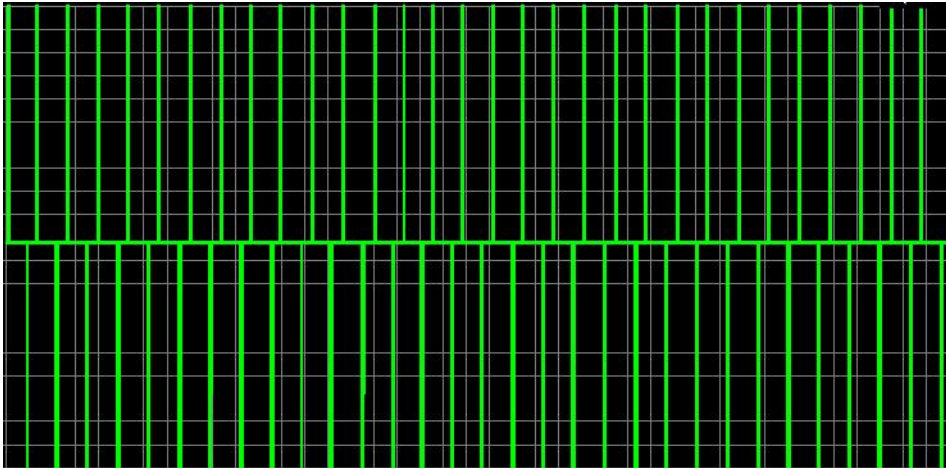
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 3**



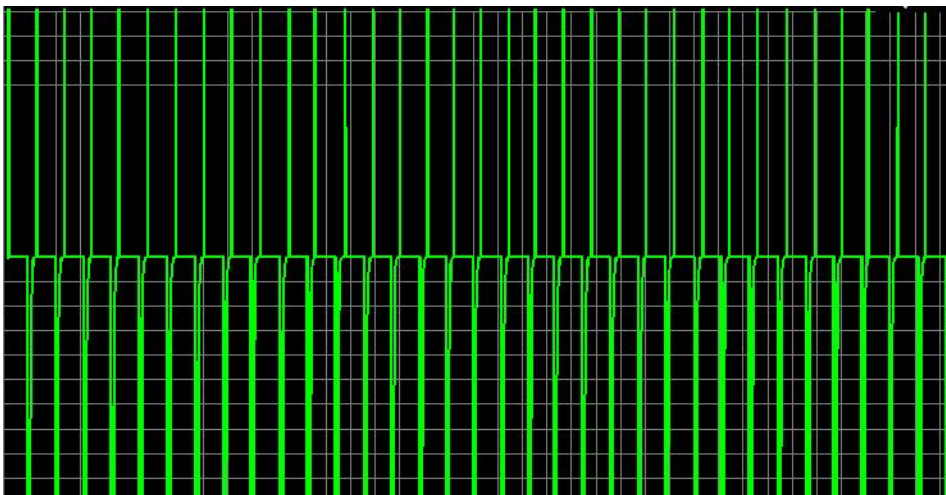
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 4**



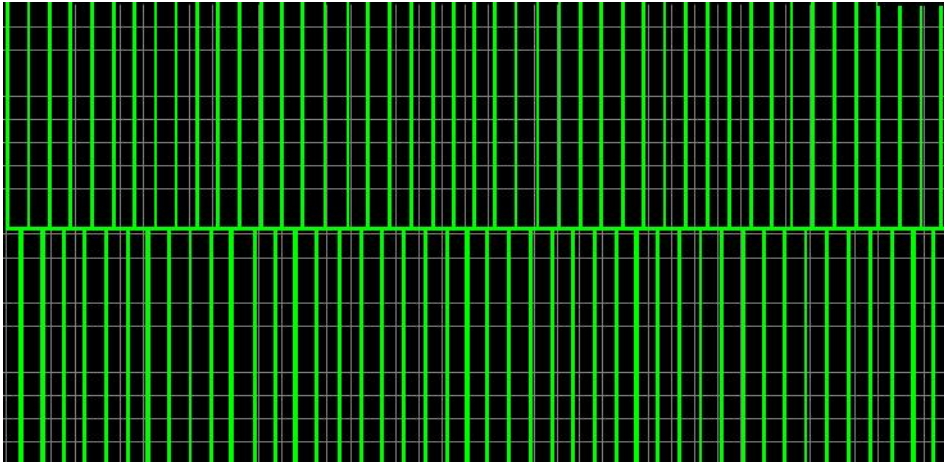
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 5**



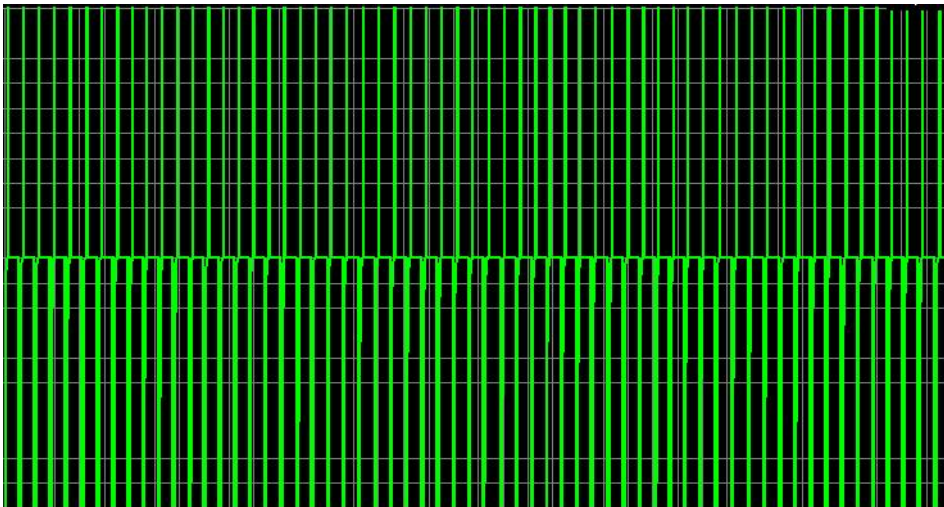
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 6**



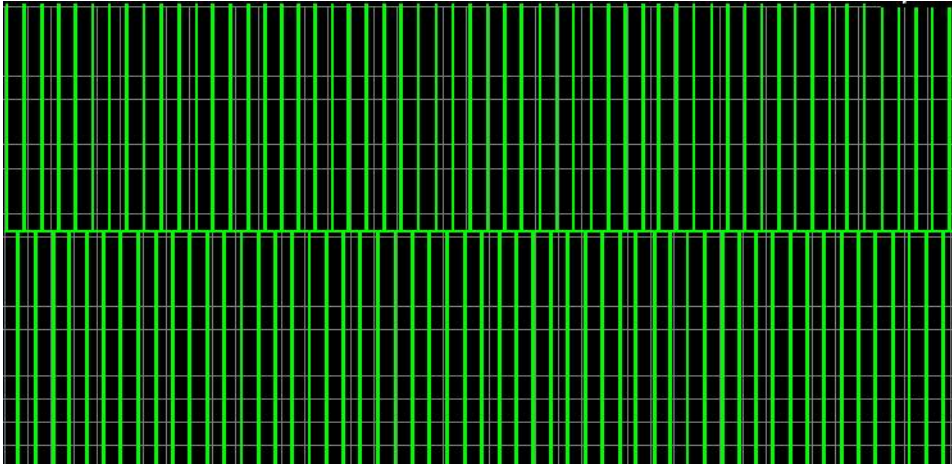
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 7**



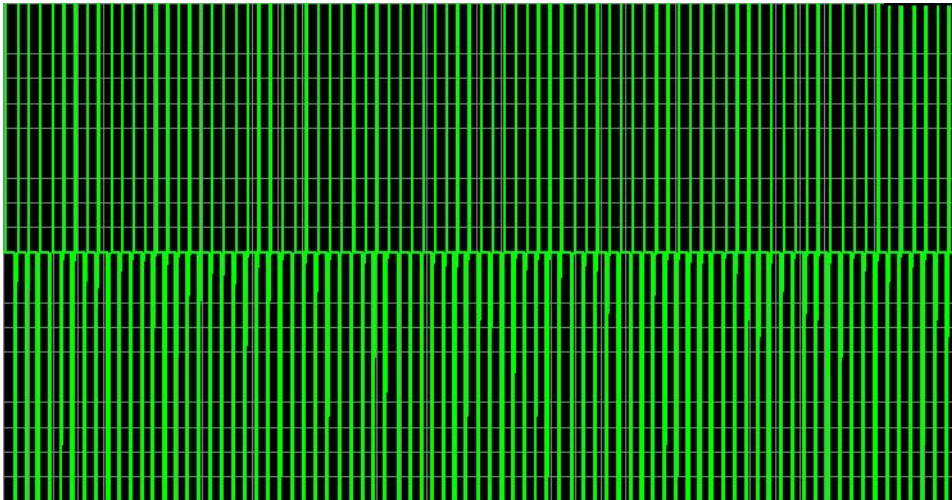
**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 8**



**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 9**



**GRAFIK HASIL SIMULASI AUOTOMATION STUDIO  
PERMODELAN 10**





**LAMPIRAN 2**  
**DATA HASIL SIMULASI AUTOMATION STUDIO**

## DATA HASIL SIMULASI DOUBLE ACTING

MODEL 1		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
30		
0		
-30		
0		0.05
30		
0		
-30		
0		0.1
30		
0		
-30		
0		0.15
30		
0		
-30		
0		0.2
30		
0		
-30		
0		0.25
30		
0		
-30		
0		0.3
30		
0		
-30		
0		0.35
30		
0		
-30		
0		0.4
30		
0		
-30		
0		0.45
30		
0		
-30		
0		0.5

MODEL 3		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
30		
0		
-30		
0		0.03
30		
0		
-30		
0		0.06
30		
0		
-30		
0		0.1
30		
0		
-30		
0		0.13
30		
0		
-30		
0		0.16
30		
0		
-30		
0		0.2
30		
0		
-30		
0		0.23
30		
0		
-30		
0		0.26
30		
0		
-30		
0		0.3
30		
0		
-30		
0		0.33

## DATA HASIL SIMULASI DOUBLE ACTING

MODEL 3	
Set Point	Panjang Aktuator (cm)
50	
0	
-50	
0	0.36
50	
0	
-50	
0	0.4
50	
0	
-50	
0	0.43
50	
0	
-50	
0	0.46
50	
0	
-50	
0	0.5

MODEL 5	
Set Point	Panjang Aktuator (cm)
0	0
50	
0	
-50	
0	0.025
50	
0	
-50	
0	0.05
50	
0	
-50	
0	0.075
50	
0	
-50	
0	0.1
50	
0	
-50	
0	0.125
50	
0	
-50	
0	0.15
50	
0	
-50	
0	0.175
50	
0	
-50	
0	0.2
50	
0	
-50	
0	0.225
50	
0	
-50	
0	0.25

## DATA HASIL SIMULASI DOUBLE ACTING

MODEL 5		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
50		
0		
-50		
0		0.275
50		
0		
-50		
0		0.3
50		
0		
-50		
0		0.325
50		
0		
-50		
0		0.35
50		
0		
-50		
0		0.375
50		
0		
-50		
0		0.4
50		
0		
-50		
0		0.425
50		
0		
-50		
0		0.45
50		
0		
-50		
0		0.475
50		
0		
-50		
0		0.5

MODEL 7		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
50		
0		
-50		
0		0.02
50		
0		
-50		
0		0.04
50		
0		
-50		
0		0.06
50		
0		
-50		
0		0.08
50		
0		
-50		
0		0.1
50		
0		
-50		
0		0.12
50		
0		
-50		
0		0.14
50		
0		
-50		
0		0.16
50		
0		
-50		
0		0.18
50		
0		
-50		
0		0.2

## DATA HASIL SIMULASI DOUBLE ACTING

MODEL 7		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
50		
0		
-50		
0		0.22
50		
0		
-50		
0		0.24
50		
0		
-50		
0		0.26
50		
0		
-50		
0		0.28
50		
0		
-50		
0		0.3
50		
0		
-50		
0		0.32
50		
0		
-50		
0		0.34
50		
0		
-50		
0		0.36
50		
0		
-50		
0		0.38
50		
0		
-50		
0		0.4

MODEL 7		
Set Poin	Panjang Aktuator	Set Poin Waktu
50		
0		
-50		
0		0.42
50		
0		
-50		
0		0.44
50		
0		
-50		
0		0.46
50		
0		
-50		
0		0.48
50		
0		
-50		
0		0.5

## DATA HASIL SIMULASI DOUBLE ACTING

MODEL 9		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
100		
0		
-100		
0		0.015
100		
0		
-100		
0		0.03
100		
0		
-100		
0		0.045
100		
0		
-100		
0		0.06
100		
0		
-100		
0		0.075
100		
0		
-100		
0		0.09
100		
0		
-100		
0		0.1
100		
0		
-100		
0		0.12
100		
0		
-100		
0		0.13
100		
0		
-100		
0		0.15

MODEL 9		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
100		
0		
-100		
0		0.16
100		
0		
-100		
0		0.18
100		
0		
-100		
0		0.19
100		
0		
-100		
0		0.21
100		
0		
-100		
0		0.22
100		
0		
-100		
0		0.24
100		
0		
-100		
0		0.25
100		
0		
-100		
0		0.27
100		
0		
-100		
0		0.28
100		
0		
-100		
0		0.3

## DATA HASIL SIMULASI DOUBLE ACTING

MODEL 9		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
50		
0		
-50		
0		0.015
50		
0		
-50		
0		0.03
50		
0		
-50		
0		0.045
50		
0		
-50		
0		0.06
50		
0		
-50		
0		0.075
50		
0		
-50		
0		0.09
50		
0		
-50		
0		0.1
50		
0		
-50		
0		0.12
50		
0		
-50		
0		0.13
50		
0		
-50		
0		0.15

MODEL 9		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
50		
0		
-50		
0		0.16
50		
0		
-50		
0		0.18
50		
0		
-50		
0		0.19
50		
0		
-50		
0		0.21
50		
0		
-50		
0		0.22
50		
0		
-50		
0		0.24
50		
0		
-50		
0		0.25
50		
0		
-50		
0		0.27
50		
0		
-50		
0		0.28
50		
0		
-50		
0		0.3

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 9		U <sub>2</sub>
Set Point	Panjang Aktuator	Set Point Waktu
50		
0		
-50		
0		0.31
50		
0		
-50		
0		0.33
50		
0		
-50		
0		0.34
50		
0		
-50		
0		0.36
50		
0		
-50		
0		0.37
50		
0		
-50		
0		0.39
50		
0		
-50		
0		0.4
50		
0		
-50		
0		0.42
50		
0		
-50		
0		0.43
50		
0		
-50		
0		0.45

MODEL 9		U <sub>2</sub>
Set Point	Panjang Aktuator	Set Point Waktu
50		
0		
-50		
0		0.46
50		
0		
-50		
0		0.48
50		
0		
-50		
0		0.5



## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 2		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
50		
0		
-50		
0		
0		0.05
50		
0		
-50		
0		
0		0.1
50		
0		
-50		
0		
0		0.15
50		
0		
-50		
0		
0		0.2
50		
0		
-50		
0		
0		0.25
50		
0		
-50		
0		
0		0.3
50		
0		
-50		
0		
0		0.35
50		
0		
-50		
0		
0		0.4

MODEL 2		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
50		
0		
-50		
0		
0		0.45
50		
0		
-50		
0		
0		0.5

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 4		
Set Point	Penjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
30		
0		
-30		
0		
0		0.03
30		
0		
-30		
0		
0		0.06
30		
0		
-30		
0		
0		0.1
30		
0		
-30		
0		
0		0.13
30		
0		
-30		
0		
0		0.16
30		
0		
-30		
0		
0		0.2
30		
0		
-30		
0		
0		0.23
30		
0		
-30		
0		
0		0.26

MODEL 4		
Set Point	Penjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
30		
0		
-30		
0		
0		0.3
30		
0		
-30		
0		
0		0.33
30		
0		
-30		
0		
0		0.36
30		
0		
-30		
0		
0		0.4
30		
0		
-30		
0		
0		0.43
30		
0		
-30		
0		
0		0.46
30		
0		
-30		
0		
0		0.5

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 6		
Set Point	Penjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
30		
0		
-30		
0		
0		0.025
30		
0		
-30		
0		
0		0.05
30		
0		
-30		
0		
0		0.075
30		
0		
-30		
0		
0		0.1
30		
0		
-30		
0		
0		0.125
30		
0		
-30		
0		
0		0.15
30		
0		
-30		
0		
0		0.175
30		
0		
-30		
0		
0		0.2

MODEL 6		
Set Point	Penjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
30		
0		
-30		
0		
0		0.225
30		
0		
-30		
0		
0		0.25
30		
0		
-30		
0		
0		0.275
30		
0		
-30		
0		
0		0.3
30		
0		
-30		
0		
0		0.325
30		
0		
-30		
0		
0		0.35
30		
0		
-30		
0		
0		0.375
30		
0		
-30		
0		
0		0.4

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 6		
Set Point	Penjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
30		
0		
-30		
0		
0		0.425
30		
0		
-30		
0		
0		0.45
30		
0		
-30		
0		
0		0.475
30		
0		
-30		
0		
0		0.5

MODEL 8		
Set Point	Penjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
0		0
30		
0		
-30		
0		
0		0.02
30		
0		
-30		
0		
0		0.04
30		
0		
-30		
0		
0		0.06
30		
0		
-30		
0		
0		0.08
30		
0		
-30		
0		
0		0.1
30		
0		
-30		
0		
0		0.12
30		
0		
-30		
0		
0		0.14
30		
0		
-30		
0		
0		0.16

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 3		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
30		
0		
-30		
0		
0		0.18
30		
0		
-30		
0		
0		0.2
30		
0		
-30		
0		
0		0.22
30		
0		
-30		
0		
0		0.24
30		
0		
-30		
0		
0		0.26
30		
0		
-30		
0		
0		0.28
30		
0		
-30		
0		
0		0.3
30		
0		
-30		
0		
0		0.32

MODEL 3		
Set Point	Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
30		
0		
-30		
0		
0		0.34
30		
0		
-30		
0		
0		0.36
30		
0		
-30		
0		
0		0.38
30		
0		
-30		
0		
0		0.4
30		
0		
-30		
0		
0		0.42
30		
0		
-30		
0		
0		0.44
30		
0		
-30		
0		
0		0.46
30		
0		
-30		
0		
0		0.48

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 8	
Set Point Panjang Aktuator (cm)	Set Point Waktu (s)
50	
0	
-50	
0	
0	0.5

MODEL 10	
Set Point Panjang Aktuator	Set Point Waktu
0	0
50	
0	
-50	
0	
0	0.015
50	
0	
-50	
0	
0	0.03
50	
0	
-50	
0	
0	0.045
50	
0	
-50	
0	
0	0.06
50	
0	
-50	
0	
0	0.075
50	
0	
-50	
0	
0	0.09
50	
0	
-50	
0	
0	0.1
50	
0	
-50	
0	
0	0.12

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 10	
Set Point Panjang Aktuator	Set Point Waktu
30	
0	
-30	
0	
0	0.13
30	
0	
-30	
0	
0	0.15
30	
0	
-30	
0	
0	0.16
30	
0	
-30	
0	
0	0.18
30	
0	
-30	
0	
0	0.19
30	
0	
-30	
0	
0	0.21
30	
0	
-30	
0	
0	0.22
30	
0	
-30	
0	
0	0.24

MODEL 10	
Set Point Panjang Aktuator	Set Point Waktu
30	
0	
-30	
0	
0	0.25
30	
0	
-30	
0	
0	0.27
30	
0	
-30	
0	
0	0.28
30	
0	
-30	
0	
0	0.3
30	
0	
-30	
0	
0	0.31
30	
0	
-30	
0	
0	0.33
30	
0	
-30	
0	
0	0.34
30	
0	
-30	
0	
0	0.36

MINIF 10

## DATA HASIL SIMULASI SINGLE ACTING

MODEL 10		
Set Point	Panjang Aktuator	Set Point Waktu
50		
0		
-50		
0		
0		0.37
50		
0		
-50		
0		
0		0.39
50		
0		
-50		
0		
0		0.4
50		
0		
-50		
0		
0		0.42
50		
0		
-50		
0		
0		0.43
50		
0		
-50		
0		
0		0.45
50		
0		
-50		
0		
0		0.46
50		
0		
-50		
0		
0		0.48
50		





## **BIODATA PENULIS**

Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 17 Desember 1993, merupakan anak ke dua dari 2 bersaudara, penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 1 Kalirong Kediri pada tahun 2000 – 2006, SMP Negeri 1 Grogol Kediri pada tahun 2006 – 2009, SMA Negeri 1 Grogol Kediri pada tahun 2009 – 2012, kemudian penulis melanjutkan ke jenjang studinya Diploma Tiga (D3) di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan jurusan Teknik Kelistrikan Kapal pada tahun 2012 – 2015, Setelah itu penulis melanjutkan ke jenjang T. Sistem Perkapalan

Strata Satu (S1) di Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [taufiqdc@gmail.com](mailto:taufiqdc@gmail.com)